

GRAU EN ENGINYERIA EN TECNOLOGIES INDUSTRIALS

**ESTUDI DEL SISTEMA ELÈCTRIC ESPANYOL
I ELABORACIÓ D'UNA EINA PER AL
CÀLCUL DE TARIFES**

MEMÒRIA

Autor: Oscar Bermejo Correa
Director: Daniel Montesinos
Convocatòria: Juny 2018



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**



INDEX

1. INTRODUCCIÓ	3
2. ESTRUCTURA MERCAT ELÈCTRIC ESPANYOL	5
2.1 Generació	6
2.2 Transport	7
2.3 Distribució	7
2.4 Comercialització	8
3.FUNCIONAMENT DEL MERCAT ELÈCTRIC ESPANYOL	8
3.1 Mercat majorista	8
3.2 Mercat minorista	10
4. FACTURA ELÈCTRICA	12
5. EL SISTEMA ELÈCTRIC DEL FUTUR	17
5.1 El nou sistema elèctric	21
5.1.1 Electrificació	21
5.1.2 Descentralització	23
5.1.3 Digitalització	28
6. ESTAT DEL SISTEMA ELÈCTRIC A ESPANYA	30
6.1 Costos del sistema	32
7.COPERATIVES ENERGÈTIQUES	35
7.1 Historia.....	35
7.2 Cooperatives d'energia renovable a Europa	35
7.3 Cooperatives d'energia renovable a Espanya	36
8. EINA PER CÀLCUL DE TARIFES	37
9. CONCLUSIONS	41
10. BIBLIOGRAFIA	43

1. INTRODUCCIÓ

Aquest treball va néixer davant la inquietud de voler entendre com funciona el mercat elèctric espanyol actual, saber quines són totes les partides dins d'una factura elèctrica i comparar els models de negoci tradicionals amb els més nous, representats per les cooperatives, més esteses al nord d'Europa però que la seva presència a Espanya no para de créixer.

Des de sempre el sistema elèctric espanyol ha estat l'objectiu de diverses crítiques, sent la més freqüent la seva proximitat amb el poder polític i la sobreregulació sobre la que es sustenta, fent d'aquest un sistema antiquat, estàtic, mogut per interessos propis i poc donat a avançar cap a models més moderns i innovadors com seria l'adopció de les energies renovables. Per exemplificar això la factura de la llum, segons Eurostat, va augmentar un 69,9% entre 2006 i 2011 sense que es percebés una millora en la qualitat del servei acord a aquesta pujada. Aquest augment és desproporcionat si el comparem amb el que va passar a la Unió Europea, on el preu va pujar un 19,9% o en la zona euro, on la pujada va ser del 13,1%. A més, tot el que envolta el sistema elèctric d'Espanya sempre ha estat un tema de gran actualitat que contrasta amb l'opacitat darrera la que viu i el poc coneixement que en tenim els ciutadans.

Davant d'aquestes premisses es va enfocar el treball amb un estudi teòric de la situació actual per tenir una visió global de com s'estructura el sistema elèctric espanyol d'avui en dia i aconseguir una bona comprensió de tots els processos des de la generació fins la comercialització de l'energia elèctrica. També s'ha desenvolupat un programa informàtic que donat el consum mensual d'una llar retorna quina tarifa de les diferents comercialitzadores és la més convenient per aquest consum.

A mesura que s'anava aprofundint en el funcionament del mercat elèctric sorgia una nova inquietud que requeria també d'una resposta, cada cop eren més evidents les mancances que presenta aquest sistema de cara al futur, sobretot davant la creixent preocupació pel medi ambient i les dues tendències que li donen solució que són les energies renovables i el vehicle elèctric.

El sector elèctric es troba sotmès en un nou procés de transformació en el que la generació distribuïda d'energia tindrà un paper molt important en el sistema elèctric. Ja no existirà el clàssic model d'energia generada en grans centrals, sinó que ja hi ha tecnologies que permeten que els consumidors puguin consumir i generar energia des de diferents fonts.

En termes més generals, la tendència global en matèria energètica és l'electrificació de diversos sectors de la societat que fins ara s'alimentaven d'altres fonts d'energia, com el sector del transport o el de la calefacció. Això implicarà un augment de la demanda d'energia elèctrica que pot comportar una sobrecàrrega en el sistema. Davant aquesta

situació la solució passa per suavitzar la corba de la demanda reduint els pics i no exigint tant al sistema en els punts crítics o bé augmentant l'oferta d'energia a través de la generació distribuïda. Veurem que el camí que s'ha pres és una barreja d'aquestes dues solucions, on els usuaris finals deixaran de ser només compradors d'energia i adoptaran el paper també de proveïdors.

Aquest treball pretén explicar el sistema elèctric actual, i a la vegada donar resposta de quina forma tindrà en el futur, estudiant les tendències en matèria energètica que estan prenent forma en tot el món i revolucionant diferents sectors.

2. ESTRUCTURA MERCAT ELÈCTRIC ESPANYOL

El sistema elèctric espanyol es regia entre els anys 1988 i 1997 pel *Marco Legal Estable*, que era el conjunt de preceptes que reglamentaven el mercat elèctric espanyol. El *Marco Legal Estable* tenia per objectiu garantir l'estabilitat de la tarifa, la recuperació en les inversions, aconseguir una adequada planificació de les activitats del sector, disminuir la incertesa i impulsar l'eficiència del sector. Les activitats compreses dins del sistema elèctric eren la generació, el transport, la distribució i la comercialització.

La retribució a les empreses generadores, les encarregades de la producció d'energia elèctrica, la reconeixia el Ministeri d'Indústria als productors mitjançant els anomenats *Costes Estándar*, aquests incloïen els costos de la inversió i el combustible. Gràcies als *Costes Estándar* les empreses aconseguien amortitzar les inversions i obtenir un percentatge de beneficis.

En quant al transport, el *Marco Legal Estable* recollia la nacionalització de les xarxes de transport, que en anterioritat pertanyien a diferents empreses propietàries. Així, a l'any 1985 es crea *Red de Electricidad Española (REE)*, empresa que s'encarrega del transport de l'electricitat a través de línies d'alta tensió convertint-se en la única empresa del món en encarregar-se de forma exclusiva al transport de l'electricitat i a ser l'operadora del sistema.

L'activitat de distribució va seguir sent responsabilitat de varies empreses privades, que seguien sent les propietàries de les línies de mitja i baixa tensió. A aquestes empreses, de la mateixa manera que a la generació, se'ls hi reconeixia uns costos que els hi assegurava tenir un marge de beneficis.

Per la comercialització, activitat que consistia en vendre l'electricitat als usuaris finals, existia només una tarifa anomenada tarifa integral. Aquesta tarifa integral es calculava sumant tots els costos que reconeixia el Ministeri d'Indústria i es dividien entre tota la demanda que es preveia per aquell any.

Durant el període del *Marco Legal Estable*, la tarifa elèctrica va augmentar un 2,8% anual, de tal manera que al haver un inflació d'un 4,8% anual, en termes reals els preus de la tarifa elèctrica van baixar un 2% anual. Aquest fet contrasta clarament amb la situació actual, en la qual el preu de l'electricitat ha augmentat un 70% entre 2006 i 2011.

Amb l'objectiu de complir la directiva europea 96/92/CE del 19 de desembre de 1996, el Govern d'Espanya aprova la Llei 54/1997 del 27 de novembre del Sector Elèctric per la qual es liberalitza el mercat elèctric a Espanya. A partir de l'aprovació de dita llei, el sistema elèctric queda dividit en les següents activitats:

Activitats regulades:

- Transport. Consisteix en la transmissió d'energia elèctrica a través de la xarxa d'alta tensió. Aquest activitat que és un monopoli natural és duta a terme per Red Eléctrica de España.
- Distribució. Consisteix en la transmissió de l'electricitat de les xarxes als punts de consum a través de xarxes intermèdies de mitja i baixa tensió. Tot i ser una activitat regulada les encarregades són empreses privades, a les quals se'ls hi reconeix uns cost de distribució que els consumidor paguen a la factura.

Activitats no regulades:

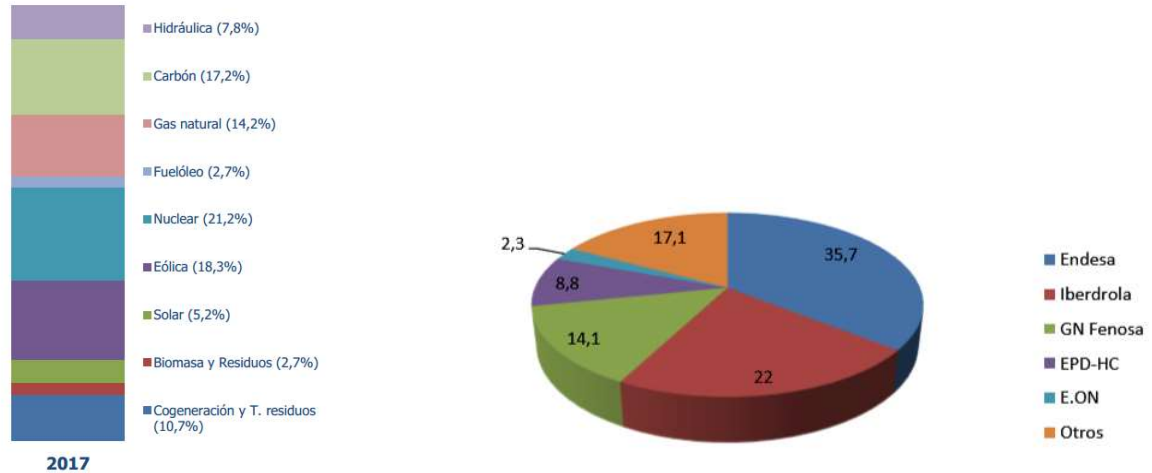
- Generació. Producció de l'energia elèctrica.
- Comercialització. Compravenda de l'electricitat.

Les activitats no regulades són les que queden liberalitzades i per tant no estan sotmeses a ninguna regulació estatal, tot i així si que existeix un cert control per poder operar en el mercat.

A continuació abordarem cada una de les activitats del sector elèctric per veure quins agents participen en el mercat.

2.1 Generació.

En el cas de la generació existeixen dos tipus de productors, els productors en regim ordinari i els productors en regim especial. Els productors en regim especial són aquells que generen electricitat mitjançant l'ús d'energies renovables i de cogeneració, sempre i quan la seva potència no superi els 50 MW. Els productors de regim ordinari són tota la resta.



Il·lustració 1 Origen de l'electricitat. Font: Comisión Nacional de Energía.

Il·lustració 2 Generació d'electricitat per empreses. Font: Comisión Nacional de Energía.

2.2 Transport

L'encarregat de transportar l'energia des de les centrals fins als centres de consum segueix sent *Red Eléctrica Española*. Com ja s'ha comentat abans, anteriorment a REE existien diferents empreses que s'encarregaven de l'abastiment d'energia elèctrica en cada regió, sent la connexió entre regions molt pobre. Així doncs, per motius d'eficiència es va decidir nacionalitzar la xarxa d'alta tensió i encarregar a REE que gestionés el transport d'electricitat en tot el territori en règim de monopoli.

2.3 Distribució

Tot i ser una activitat regulada com el transport, es duta a terme per diferents empreses privades a les quals l'Estat els hi reconeix uns costos que són pagats pels consumidors en la part regulada de la factura elèctrica. Actualment el 97% de la distribució la realitzen Endesa, Iberdrola, Gas Natural Fenosa, EDP-HC y EON.



Il·lustración 3 Distribuidora segons zona. Font: elblogenergía.com

2.4 Comercialització

Per la venda d'energia elèctrica al consumidor final hem de distingir dos tipus de comercialitzadores: les comercialitzadores de lliure mercat i les comercialitzadores d'últim recurs (TUR), que són aquelles anomenades pel Ministeri d'Energia per que ofereixin la Tarifa de Últim Recurs, que explicarem més endavant.

Com hem pogut veure anteriorment el mercat elèctric espanyol és clarament un oligopoli, ja que entre 5 grans grups empresarials (Endesa, Iberdrola, Gas Natural Fenosa, EDP i E.On) controlen la major part de la generació, distribució i comercialització de l'electricitat a Espanya. Les ineficiències que es produeixen en aquest tipus de mercat permeten a les gran companyies alterar la lliure competència, és a dir, el comportament d'un oligopoli pot afectar als preus. De fet, la Comissió Nacional de la Competència (CNC) va sancionar al 2011 les grans companyies del sector amb una multa conjunta d'uns 50 milions d'euros per alteració dels preus.

3.FUNCIONAMENT DEL MERCAT ELÈCTRIC ESPANYOL

En aquest apartat procedirem a explicar el funcionament del mercat elèctric espanyol i com aquest funcionament afecta al preu de l'electricitat.

Primer de tot hem de diferenciar entre dos tipus de mercat, el majorista i el minorista. Al mercat majorista participen fonamentalment els generadors d'electricitat, les comercialitzadores i els consumidors qualificats. El mercat minorista és el que es estableix entre les comercialitzadores i els consumidors de petita mida, com podrien ser les petites empreses o els consumidors domèstics.

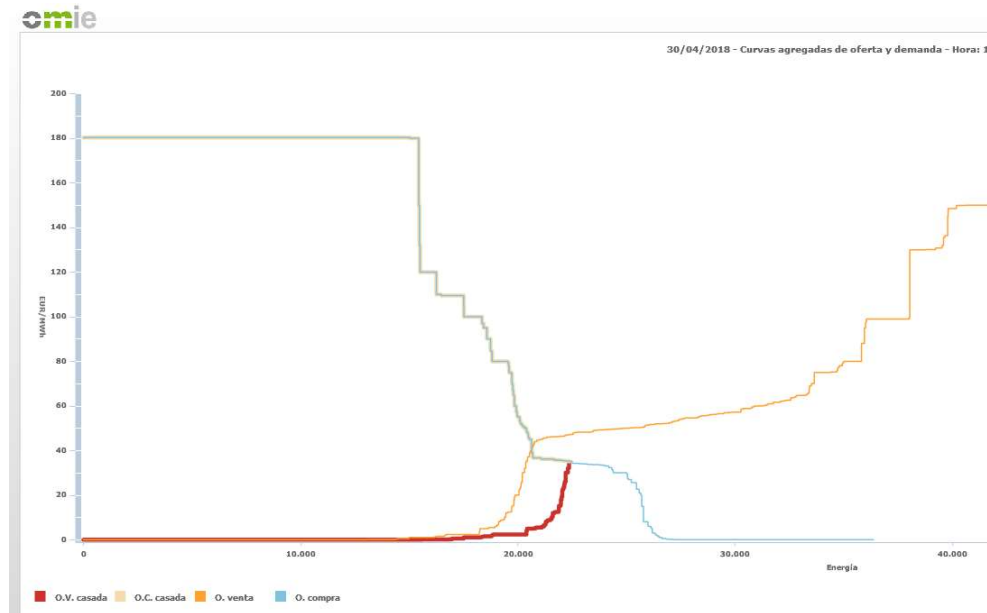
3.1 Mercat majorista

En aquest apartat s'explicarà el funcionament del mercat de l'electricitat que està a càrrec del OMIE (*Operador Mercado Ibérico de Energía*), que és l'operadora que gestiona el mercat majorista.

El primer mercat al que hem de fer referència és al mercat diari. En aquest mercat els productors d'electricitat ofereixen la quantitat d'energia que estan disposats a generar el dia següent i el preu al que estan disposats a fer-ho. Per altre banda, les comercialitzadores i els consumidors directes comuniquen la quantitat d'electricitat que volen i els preus als que estarien disposats a comprar-la. D'aquesta forma s'aconsegueix fixar la quantitat d'energia elèctrica a generar/consumir i el seu preu.

A les 12:00 hores l'operador del mercat ja coneix les ofertes de venda i compra del dia següent, amb les que fa dues corbes: la corba d'oferta agregada (on estan ordenades totes les ofertes de forma ascendent) i la corba de demanda agregada (on estan ordenades les

ofertes de compra de manera descendent). El punt on tallen les dues corbes indica el preu de cassació. Els trams de les corbes que queden a l'esquerra del punt de cassació, els trams que han cassat, ens indiquen el volum d'electricitat que ha de produir-se a cada hora



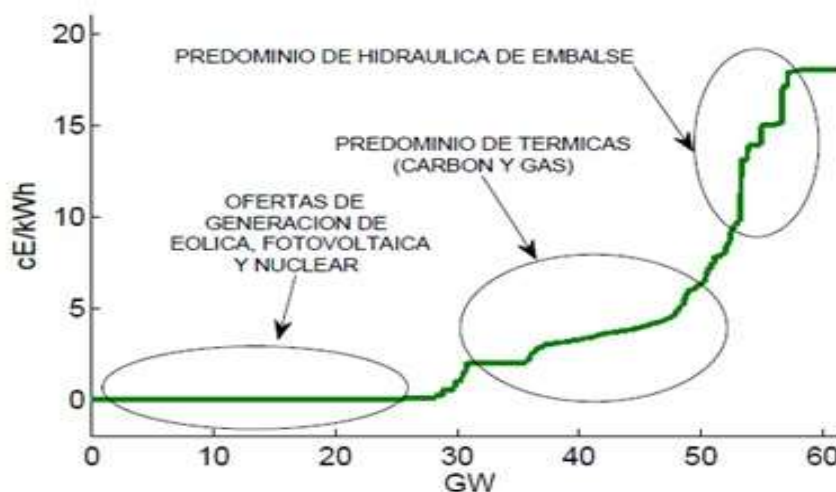
Il·lustració 4 Gràfica oferta / demanda. Font: omie.es

El preu que finalment es paga als productors és el preu de cassació, independentment de que aquests realitzessin les seves ofertes a un preu menor o de que els compradors oferissin un preu major. El fet que el preu de cassació no coincideixi amb la línia verda i la taronja, com hauria de ser, és degut als desajustos que es corregeixen cada dia en el mercat intradiari.

En aquest punt és interessant senyalar que les central nuclears acostumen a oferir la seva energia a un preu de 0, assegurant-se d'aquesta manera entren dins la cassació i deixant que siguin uns altres tipus d'energia les que, oferint uns preus majors, acabin determinant el preu de cassació (que serà el que es pagui també a les centrals nuclears ja que el preu és el mateix per tots els productors). La raó és que donada la naturalesa de la reacció nuclear aquesta no es pot aturar, per tant és un flux continu d'energia elèctrica que surt de la central. Per assegurar-se de vendre tota aquesta energia la ofereixen a un preu de 0 que de ben segur es troba per sota del preu de cassació.

A més de la nuclear, també acostumen a oferir a preu 0 les energies renovables, com la fotovoltaica i la eòlica. Això és degut a que, contràriament al que passa amb el gas o el petroli, el sol i el vent tenen un cost 0 i no es poden emmagatzemar. A aquest tipus de generadors els és més rentable vendre l'energia que poden produir a qualsevol preu i en qualsevol moment que no deixar de produir. Per això ofereixen a preu 0 per assegurar-se

entrar a la cassació.



Il·lustració 5 Preu de les diferents tecnologies. Font: f2e.es/es/influencia-de-las-renovables-en-el-precio-de-la-electricidad

Ara bé, tot el pactat en el marcat diari, ofertes de producció, de compra i preu de cassació, és estrany que es compleixi tal i com s'havia acordat, és fàcil que apareguin una sèrie de desajustos que ho facin variar. Per exemple, si augmenta el vent els generadors eòlics podrien oferir una major quantitat d'energia, o el contrari, que algun deixi de funcionar i no puguin aportar tota l'energia acordada. Per aquest motiu, amb l'objectiu que els participants puguin adaptar-se als desajustos, es crea el mercat intradiari. Aquest mercat està compost per 6 sessions, en cada una de les quals, els participants poden fer ofertes de venda o compra d'energia amb independència de si són productors o compradors. D'aquesta manera una comercialitzadora que hagi comprat massa energia pot vendre una part reduïda així la quantitat total adquirida.

En cada una d'aquestes sessions s'establirà un preu de cassació i una quantitat d'energia a generar, de tal forma que s'arribarà al resultat final, sumant el resultat del mercat diari i els obtinguts en les diferents sessions del mercat intradiari.

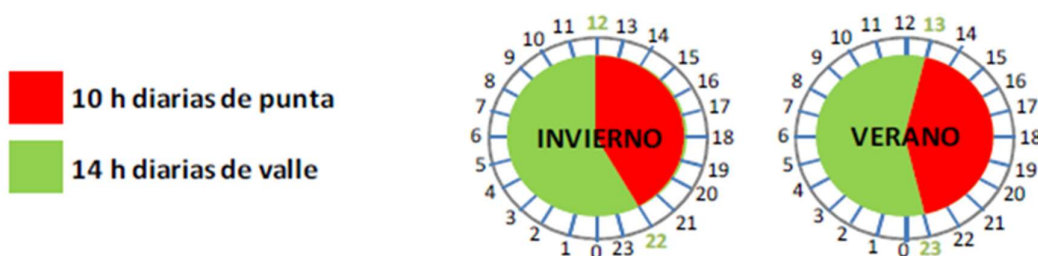
3.2 Mercat minorista

El mercat minorista és aquell en el que les comercialitzadores venen l'energia als petits consumidors (consumidors domèstics i petites empreses); però dins d'aquest mercat hi ha dues opcions, que els consumidors tinguin un contracte amb una comercialitzadora de lliure mercat o que estiguin subjectes a la Tarifa de Últim Recurs (TUR). En l'actualitat una major part de les llars espanyoles han optat per estar subjectes a la TUR.

Un consumidor que té un contracte amb una comercialitzadora de lliure mercat la tarifa que pagarà serà la que es pacti entre ells dos. Cal tenir en compte, que mentre en el mercat majorista el preu de l'electricitat varia cada hora, en el mercat minorista es pacten preus constant per un període de temps.

Per altra banda, està subjecte a la Tarifa de Últim Recurs implica que el consumidor tindrà un contracte amb una de les comercialitzadores de últim recurs que li subministrarà l'energia als preus fixats. Les comercialitzadores d'últim recurs són nomenades pel Ministeri d'Indústria, com ja s'ha comentat anteriorment. Actualment aquestes comercialitzadores són Endesa, Iberdrola, Gas Natural Fenosa, EDP-HC i E.ON; les cinc elèctriques formen la patronal UNESA.

Dins de la tarifa TUR existeixen dues modalitats: la tarifa sense discriminació horària i la tarifa amb discriminació horària. Amb la primera tarifa el preu de l'energia és el mateix independentment de l'hora a la que consumeixis l'electricitat. En canvi, la tarifa amb discriminació horària divideix el dia en hores vall i hores punta.



Il·lustració 6 Preu vall / punta segons l'estació. Font: lasolarenergiacoop.es

Per últim, recalcar que per contractar una Tarifa de Últim Recurs és necessari tenir una potència contractada de menys de 10kW, de tal manera que si es consumeix una potència més gran no hi ha altre opció que contracte una tarifa de lliure mercat.

Per determinar la TUR es pren com a referència el resultat de les subhastes CESUR (*Compra de Energía para el Suministro de Última Recurso*). Aquestes subhastes es celebren de forma trimestral i en elles poden participar aquelles entitats que hagin sigut declarades per participar. Per ser declarades aptes és necessari sol·licitar la participació i que un comitè dictamini, en funció de si es compleixen els requisits mínims (tècnics, financers i administratius), sobre l'aptitud de l'agent. Els participants en aquestes subhastes poden ser qualsevol tipus d'entitat, des de generadors d'energia elèctrica fins a entitats financeres.

El procés d'aquesta subhasta és el dels preus descendents. El procés comença quan l'operador treu a subhasta els productes energètics a un determinat preu. Com el preu inicial és molt elevat, hi ha molts agents que estan disposats a vendre a aquest preu i es produeix un excés d'oferta. Aleshores es realitza una altra ronda, aquesta vegada a un preu menor, de manera que l'oferta es redueix. Aquest procés es repeteix fins que s'igualen l'oferta amb la demanda, a l'última ronda, arribant al preu d'equilibri. Un cop arribats a aquest punt, els participants que han aconseguit l'adjudicació firmen els contractes de

subministrament amb les comercialitzadores d'últim recurs. Aquests agents hauran d'assistir posteriorment al mercat diari i intradiari i pagar els diferents preus que sorgeixin. Els agents que funcionen com intermediaris, obtindran beneficis sempre i quan el preu del mercat majorista sigui inferior del preu de la subhasta CESUR.

La raó per la qual es crea aquesta subhasta CESUR és el risc financer que es corre per l'establiment de la TUR per varis mesos. La TUR ha de ser suficientment alta per cobrir els costos d'adquisició de l'energia en el mercat diari més el marge de beneficis de les comercialitzadores d'últim recurs. Ara bé, la TUR es manté estable durant tres mesos però el preu d'adquisició de l'energia és desconegut, ja que canvia d'una hora a la següent cada dia, existint la possibilitat de que la TUR no cobris els costos d'adquisició de l'energia de les comercialitzadores. Per evitar que les comercialitzadores d'últim recurs suportin aquest risc es creen aquestes subhastes, de tal forma que el risc el passen a suportar intermediaris (normalment entitats financeres), que obtindran pèrdues si el preu del mercat majorista acabés sent superior al de la subhasta CESUR i beneficis en cas contrari.

Aquest sistema ha estat àmpliament criticat ja que converteix l'energia elèctrica (bé de primera necessitat) en un producte financer sobre el qual es pot especular, a més provoca un sobrecost en el preu de l'electricitat pel consumidor equivalent al benefici de les entitats financeres intermediaries.

Per exemplificar els problemes que pot comportat aquesta subhasta mencionar que la subhasta CESUR número XXV, va tenir uns resultats que implicaven una pujada d'un 11% en el preu total (preu de la factura elèctrica completa) de l'electricitat pel primer trimestre de 2014. Davant aquesta pujada desproporcionada que estava acompanyada d'estranyos moviments en el mercat segons la CNMC (la subhasta es va acabar en la ronda 7, quan ninguna de les 25 subhastes anteriors van acabar abans de la ronda 12), la Secretaría de Estado de Energía determina que el preu resultant de dita subhasta *"no deber ser considerado en la determinación del coste estimado de los contratos mayoristas, al haber quedado anulada aquella a todos los efectos"*.

4. FACTURA ELÈCTRICA

En aquest apartat s'explicarà el preu real que els consumidors paguen per l'electricitat així com els diferents elements que el componen.

Primer de tot, comentar que el preu de l'electricitat que hem comentat a l'apartat anterior no és el preu final que els consumidors finals paguen, si no que se li ha d'afegir unes partides complementàries que provoquen que el preu augmenti de forma significativa, fins al punt que aquestes partides representen un percentatge major que el cost de l'electricitat a la factura final. Així doncs, podem dividir la factura en dos parts:

- La part de mercat és aquella que reflexa el consum de l'energia. La quantitat d'aquesta dependrà del consum i dels preus que s'hagin obtingut en el mercat de la forma abans explicada.
- La part regulada és la part en la que s'estableixen unes partides, els peatges, que es sumen a la part de mercat. Tenen com a objectiu finançar uns costos del mercat elèctric i unes primes a les companyies elèctriques.

Ja que la part de mercat de la factura ja ha estat explicada en apartats anteriors, aquí ens centrarem únicament en la part regulada i a explicar per quines raons es produeix l'encariment de la factura.

1. Transport. És l'activitat que consisteix en la transmissió d'energia elèctrica a través de les línies d'alta tensió. Aquesta activitat corre a càrrec de Red Eléctrica de España i òbviament té uns costos que s'han de cobrir. Aquesta és la primera quota que s'afegeix a la factura.
2. Distribució. També és una activitat regulada, però en aquest cas són empreses privades les que la duen a terme. Portar l'energia des de les línies de transport fins als punts de consum té uns costos reconeguts per l'Estat que es paguen també en la part regulada de la factura.
3. Primes del règim especial. Sota aquest nom trobem les subvencions que reben els productors del règim especial, aquells que generen amb unes instal·lacions d'una potència menor a 50kW i que utilitzen energies renovables o residus i també aquelles altres com la cogeneració que implica una tecnologia amb un nivell d'eficiència i estalvi energètic considerable.

A diferència del que passava amb el transport i la distribució, l'establiment d'aquesta prima no respon a costos del subministrament si no que ho fa únicament a raons de política energètica. Aquest tipus d'energies tenen unes avantatges òbvies que no cal anomenar, però que en el moment d'establiment d'aquestes primes aquestes tecnologies es trobaven en una fase de desenvolupament molt primerenca, fet que provocava que dur-les a la pràctica suposessin uns costos molt elevats. Per aquesta raó, diferents governs van decidir que era important ajudar al desenvolupament de producció mitjançant aquestes noves tecnologies.

Aquest tipus de productors tenen dues opcions per entrar al mercat a vendre l'energia. La primera es cedir l'energia que han generat a la xarxa a canvi d'una tarifa regulada fixa. La segona opció del règim especial és vendre l'energia que produeixen al mercat, rebent a canvi de l'energia que venen el preu que en resulti del mercat més una quantitat addicional (prima) per cada Kwh que venguin.

Per últim, destacar que la prima és diferent segons el tipus de tecnologia, així com l'energia solar fotovoltaica obté una prima de 31,845 cèntims per cada Kwh, per l'energia solar tèrmica és de 24,732 cèntims/Kwh i per l'energia eòlica 3,442 cèntims/Kwh

4. Compensació a la producció extrapeninsular. Aquesta partida busca compensar els majors costos de producció d'electricitat que es produeixen en els territoris extrapeninsulars. Aquest sistema que es coneixen com Sistemas Eléctricos Insulares y Extrapeninsulares (SEIS) són els següents: Mallorca-Menorca, Ibiza-Formentera, Tenerife, Gran Canaria, Lanzarote-Fuerteventura, El Hierro, La Gomera, La Palma y Melilla.

Degut al seu caràcter insular o extrapeninsular les xarxes estan aïllades i són d'un reduït grandària, fet que incrementa els costos. Per exemple, si hi hagués un augment de la demanda en un moment concret, com la xarxa està aïllada és

impossible la col·laboració amb la península, pel que els productors han d'operar amb un marge de reserva major que en el de la península.

5. **Costs de funcionament.** En aquesta partida es fa referència als costs associats al manteniment de les entitats necessàries per al correcte funcionament del sistema elèctric espanyol. Dins d'aquests costs trobem els necessaris per finançar a Red Eléctrica de España (no els costs de transport, si no els de la institució), els de l'operador del mercat que s'encarrega de gestionar el mercat majorista i els de la Comisión Nacional de la Energía, que vetlla pel correcte funcionament del sistema assegurant la competència i la transparència del sector.

6. **Costs relacionats amb la indústria nuclear.** Aquí trobem dues partides, la moratòria nuclear i la segona part del cicle del combustible nuclear. Començant per la segona part del cicle del combustible nuclear, fa referència als costs de tractament que requereixen els residus radioactius. Per la gestió d'aquests residus es crea l'any 1984 la Empresa Nacional de Residuos Radioactivos, S.A (ENRESA), que també s'encarrega del desmantellament de les centrals no operatives. Fins l'any 2005 aquesta empresa ens finançava amb un percentatge de la factura elèctrica. A partir d'aquest any són les centrals nuclears les que paguen aquest cost directament. No obstant això, es segueix pagant a la factura la gestió dels residus produïts amb anterioritat al 2005. A partir de l'any 2010 els usuaris només paguen el cost del residu generat per centrals nuclears que ja no estan en funcionament.

Per altre banda, el cost associat a la moratòria nuclear és un cost que respon fonamentalment a raons de política energètica. L'any 1983 es dissenya el Plan Energético Nacional de 1983. En aquest pla s'estableix l'anomenada moratòria nuclear, per la qual es paralitzava la construcció de noves plantes nuclears, però sense afectar a les que ja estaven en funcionament. Concretament s'havien de paralitzar 5 de les centrals que s'havien projectat, Valdecaballos I i II, Trillo II i Lémonix I i II. El problema és que en aquestes centrals ja s'havien realitzat inversions que no s'anaven a recuperar al no posar-se en funcionament, per aquesta raó es dictamina que aquestes centrals rebran "una compensación por las inversiones realizadas en los mismos y el coste de su financiamiento mediante la afectación a ese fin de un porcentaje de la facturación por venta de energía eléctrica a los usuarios". La moratòria nuclear es va liquidar el 2015 amb un total de gairebé 6000 milions d'euros. Tot i que actualment no té incidència en la factura, s'ha cregut convenient tindre-la en compte per aquest treball ja que aquesta partida té una gran impopularitat per part dels usuaris i és el model que s'ha seguit per finançar el dèficit tarifari.

7. **Dèficit tarifari.** Es coneix com a dèficit tarifari aquell que es produeix per la diferència que existeix entre les tarifes regulades que paguen els consumidors i els costs que les normes reguladores reconeixen a les companyies. Aquest dèficit no és de caràcter econòmic, ja que va més enllà de que els ingressos no cobreixin els costs, sinó que els costs regulats, que són superiors als costs reals, són els que no s'arriben a cobrir.

El dèficit tarifari comença a produir-se l'any 2000 per motius de política energètica. L'objectiu del govern d'aquell moment era evitar que els augments en els costs de les companyies elèctriques es traslladessin als consumidors, per aquesta raó es va plantejar un sistema en el qual les elèctriques ingressaven un quantitat per la seva activitat inferior als costs, de tal forma que aquesta diferència es convertia en deute que s'havia de pagar amb els seus respectius interessos en el futur. Aquest sistema, en paraules del Ministre d'Indústria d'aquell moment,

Josep Piqué, era momentani degut a la mala situació que travessava el país, però va ser continuat pels successius governs fins a una xifra de 26.000 milions l'any 2012. L'any 2016 cada usuari va pagar 120€ de deute, 30€ dels quals eren interessos, acabant l'any amb 23.000 milions de deute.

S'acostuma a cometre l'error en pensar que el dèficit tarifari es produeix degut a que el cost de les activitats regulades supera els ingressos obtinguts per els preus regulats. Això és degut al fet que la normativa contable obliga a pagar primer el cost de l'electricitat i posteriorment es paguin les quantitats de la part regulada (activitats regulades, primes a renovables...) de tal forma que com que és la partida de les activitats regulades, la que es deixa de pagar, és fàcil caure en l'error de pensar aquesta la que genera el dèficit. Si la normativa contable establís el contrari, no es pensaria que són els peatges els causants del dèficit.

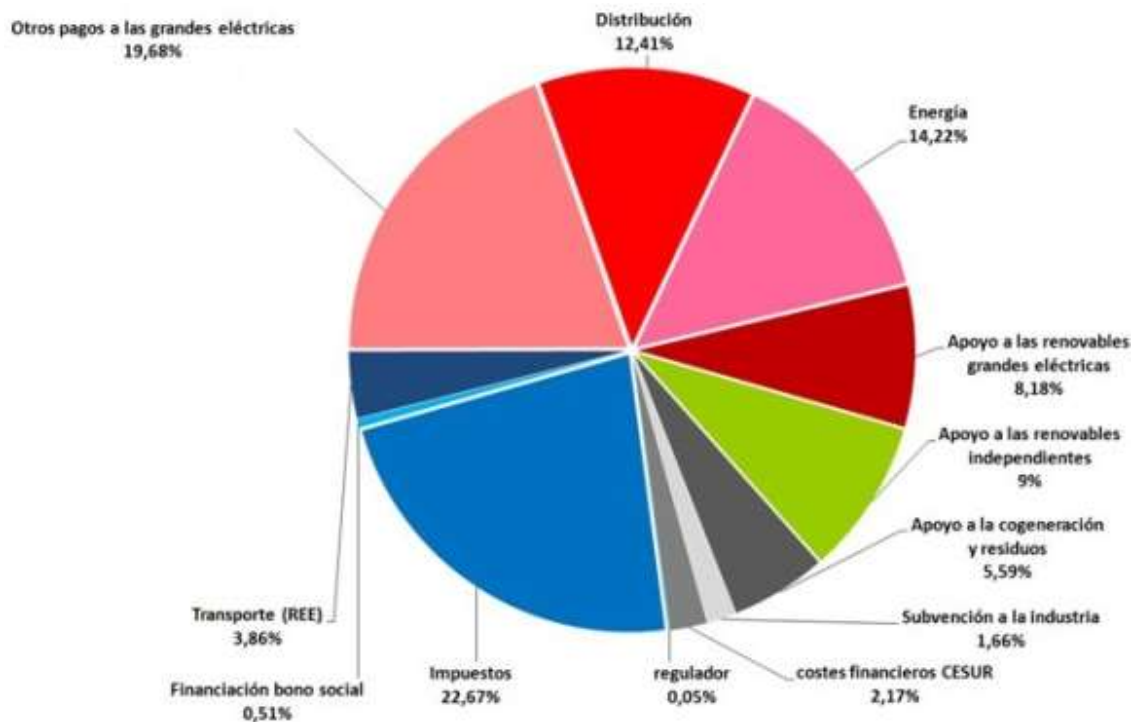
L'origen del dèficit tarifari es va produir per diverses raons. La primera és que efectivament el consumidor estan pagant per l'energia elèctrica un preu inferior del que costa produir-la. Puja el preu de l'energia és una decisió molt impopular que en aquell moment no interessava al govern, en canvi va emetre uns bons per tal de tancar el forat que ja es pagarien en el futur.

Un altre dels motius es que existeixi una sobre retribució del parc de generació. Sobre aquest aspecte, la Comissió Europea va afirmar el 2012 que la falta de competència en el sector havia causat que s'atorguessin unes compensacions excessives a algunes instal·lacions, fet que va contribuir a que aparegués el dèficit tarifari. Es refereix sobretot a central nuclears i hidroelèctriques, ja amortitzades, que degut a al regulació existent que no tenen en compte els diferents costos que tenen les diferents tecnologies i el fet de que els preus de kWh són els mateixos sigui quina sigui la tecnologia, acabant sent sobre retribuïdes pels pagaments regulats vigents des del 1997.

La tercera raó és que existeixen costos ineficients que es podrien eliminar. Alguns d'aquests costos poden ser els pagaments per capacitat, l'assignació dels drets de CO2 de forma gratuïta o els sobre costos que es produeixen per la determinació de la TUR mitjançant el CESUR.

La reforma elèctrica que va dur a terme el Govern en l'anterior legislatura va frenar en gran mesura la generació de dèficit addicional cada any. Així, l'any 2014 es va generar un superàvit de 550,3 milions, i en el 2015 de 469 milions de euros. Però això no lliura als usuaris de pagar els deutes d'anys anteriors. L'anualitat assignada al 2017 per tal de disminuir el dèficit és de 2072,6 milions, dels quals 765,7 milions són interessos.

Resumint, podem diferenciar clarament a la factura elèctrica dues parts; la de mercat, que està relacionada amb la generació de l'energia, i la regulada, que consisteix en una serie de peatges i partides que s'afegeixen a la primera augmentant-ne significativament el preu final. Al conjunt d'aquestes dues parts s'ha d'afegir encara els impostos, que representen un 21% del total de la factura.



Il·lustració 7 Desglossament factura elèctrica. Font: helionoticias.es

Tot i el procés que ha patit el sistema elèctric espanyol al llarg dels últims anys, segueix tenint veus crítiques que discrepen que estiguem davant un sistema liberalitzat. Una de les més notables és Juan Ramón Rallo, economista liberal molt crític amb el sistema elèctric al que dedica un article sota el títol de *“El mito del libre mercado eléctrico español”*. En ell posa de manifest les carències del sistema i com s’ha intentat maquillar per aparentar una liberalització major de la que realment ha patit.

Primer destaca que les activitats de transport i distribució segueixen estant completament controlades per *Red Eléctrica de España*, sota la falsa premissa que és necessari que així sigui ja que ens trobem davant d’un monopoli natural que són les xarxes de distribució. Pel que es refereix a la generació, crítica que el 75% de les plantes que generen energia elèctrica o bé corresponen a centrals planificades directament per l’estat, que són fruit dels *Planes Energéticos Nacionales* instal·lades abans de 1998 sota la tutela de l’estat, o centrals planificades indirectament per l’estat mitjançant les primes a les energies de règim especial.

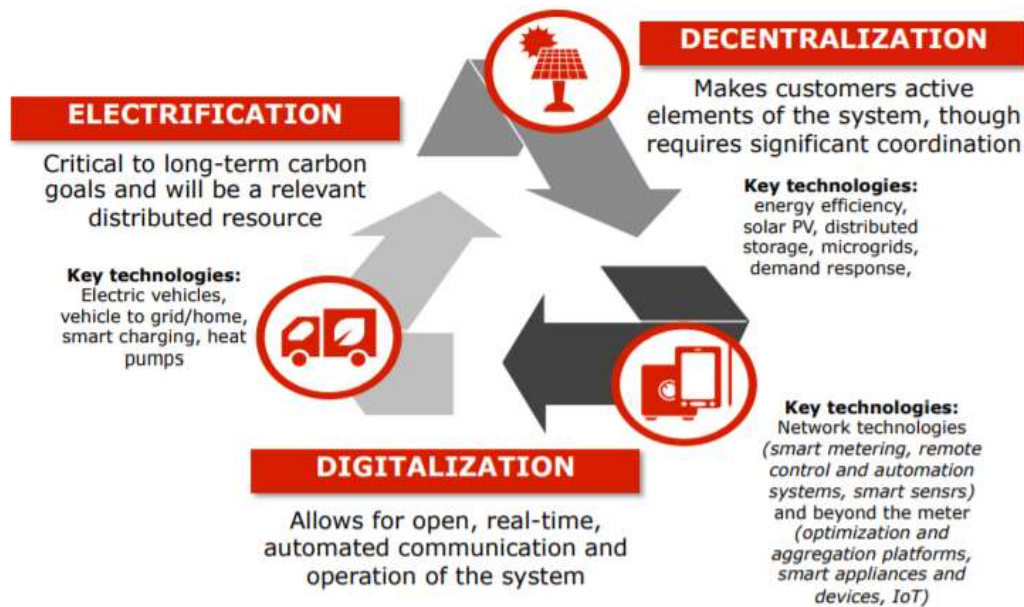
Algo semblant passar amb les comercialitzadores. Fins el 2009 el Govern fixava la totalitat del preu de la llum amb les *Tarifas Integrales*, a partir del 2009 segueix fixant la retribució del transport, la distribució i les centrals de règim especial a través de les tarifes de peatge d’accés (que representen entre el 60% i el 65% del total de costos del sistema elèctric).

5. EL SISTEMA ELÈCTRIC DEL FUTUR

El Sistema elèctric es troba en el mig d'una transformació, en els pròxims anys patirà tant una revolució tecnològica com una innovació disruptiva dels models tradicionals des de la generació fins els consumidors. Tres tendències en particular estan convergint en canviar les regles del joc:

- Electrificació de grans sectors de l'economia com el transport i el de la calefacció.
- Descentralització, impulsada pel gran descens dels costos dels recursos energètics distribuïts com emmagatzematge distribuït, generació distribuïda, flexibilització de la demanda i millores en l'eficiència energètica.
- Digitalització tant de la xarxa amb sensors i mesures intel·ligents, automatització i altres tecnologies digitals tant a la xarxa com al punt de consum amb una gran aposta per l'*Internet of Things* (IoT) i la interconnectivitat entre diferents dispositius consumidors d'energia.

Aquestes tres tendències actuen en un cercle virtuós, permetent, amplificant i reforçant desenvolupaments més enllà de les seves contribucions individuals. L'electrificació és crítica en el llarg termini pels objectius de reducció de diòxid de carboni i tindrà cada cop un paper més important en l'avenç de les energies renovables. La descentralització converteix als consumidors en elements actius del sistema requerint d'una gran coordinació. La digitalització és el pilar de les altres dues tendències permetent un major control, incloent una automàtica optimització en temps real dels consum i de la producció i facilitant la interacció amb els consumidors.



Il·lustració 8 Com s'influencien les tres tendències. Font: World Economic Forum

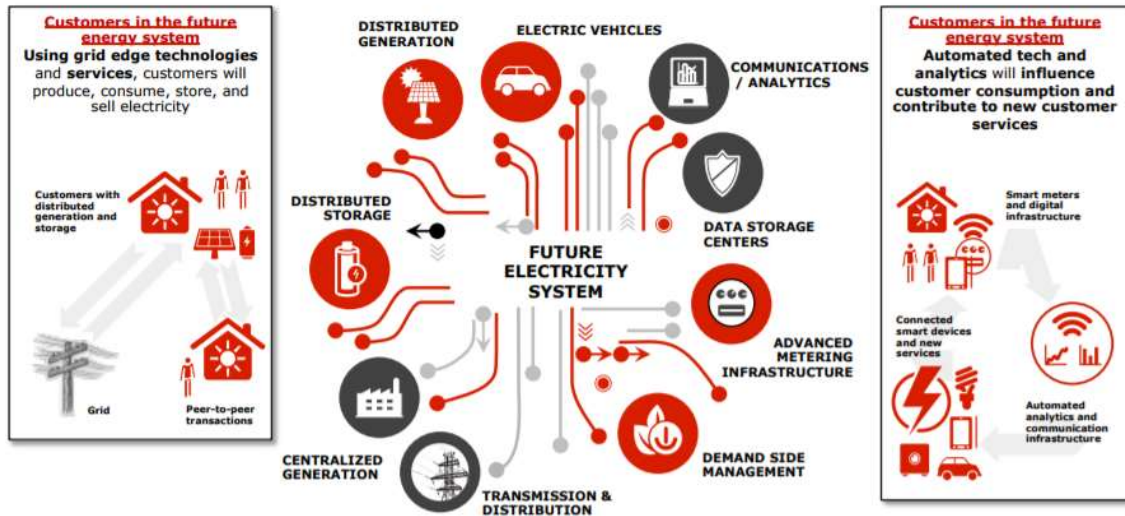
Existeixen tres factors que potencien aquest canvi disruptiu en el sistema de l'energia.

1. La reducció exponencial dels costos i les contínues millores tècniques.
2. La possibilitat que està apareixent per a nous i innovadors models de negoci que estan creixent al voltant del consumidor i dotant-lo de més poder dins del sistema.
3. La millora considerable de la taxa d'utilització d'actius del sistema elèctric (a EEUU es troba per sota del 60%). Només els vehicles elèctrics per si mateixos podrien augmentar amb diversos punts el percentatge d'utilització d'actius del sistema.

En conjunt, aquestes tres tendències faciliten el camí cap a un sistema on els límits tradicionals entre productors, distribuïdors i clients es difuminen, augmentant, també sigui dit, la complexitat del sistema. També, tant les preferències com les expectatives dels consumidors estan evolucionant cap a un major preocupació pel medi ambient, una major capacitat de decisió, una interacció en temps real, més transparència, que l'experiència sigui més pròpia d'un servei que d'un producte i una major confiança i seguretat.

El rol del sistema està evolucionant més enllà del subministrament d'energia elèctrica i tendeix cap a convertir-se en una plataforma que també maximitza el valor dels recursos energètics distribuïts. Els models d'ingressos veuran una menor participació en els ingressos derivats de la producció d'energia en les centrals, però podran compensar amb els ingressos dels nous serveis de distribució i la venda minorista. Els consumidors finals tindran la capacitat d'escollir les tecnologies de producció d'energia que prefereixin, connectar-se o no a la xarxa i realitzar transaccions tant amb recursos centralitzats com descentralitzats. Aquest sistema més intel·ligent, descentralitzat i millor interconnectat pot augmentar la confiança, la seguretat, la sostenibilitat mediambiental, la utilització de

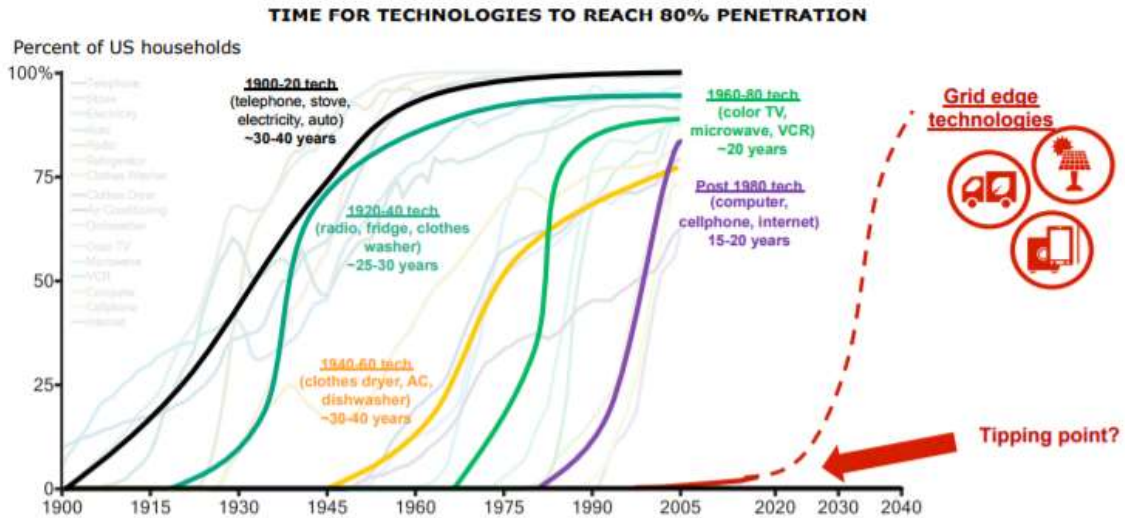
recursos i oferir un gran nombre d'oportunitats de servies i nous models de negoci.



Il·lustració 9 Esquema de les diferents integracions que assumirà el sistema elèctric. Font: World Economic Forum

Incrementant l'eficiència total del sistema, optimitzant la localització del capital i creant nous serveis pels consumidors, les noves tecnologies de la xarxa elèctrica podrien aportar 2,2 billones d'euros de valor a partir de la transformació de l'energia elèctrica en els pròxims 10 anys. Els beneficis que percebrem com a societat seran una generació de l'energia més neta, un balanç positiu en la creació de llocs de treball i una major capacitat de decisió del consumidor. Sota un degut model regulador i uns convenients models innovadors de negoci aquestes noves tecnologies també poden fer disminuir la desigualtat social permetent crear valor als sectors amb ingressos més baixos.

El ritme al qual la societat està adoptant aquest nou sistema elèctric segueix la típica corba en S que també van seguir el fenomen de la televisió, del internet o el de l'adopció dels electrodomèstics. També és cert que és difícil predir com serà aquesta corba ja que no podem saber quan ens trobem en el punt en que es comença a créixer d'una forma exponencial, tot i així en les passades dècades arribar en aquest punt que representa l'adopció de la tecnologia per part de les masses s'ha reduït en 15 o 20 anys.



Il·lustració 10 Temps d'adopció de diferents tecnologies. Font: World Economic Forum

Una eficient transició cap a aquest nou sistema passa per superar quatre principals reptes. Primer, l'electricitat està àmpliament percebuda com una *commodity* (mercaderia), dificultant així el que el consumidor final confii en aquest canvi de paradigma. Segon, tal i com està regulat el sistema actualment resulta impossible treure el rendiment màxim dels recursos energètics descentralitzats, aquí Espanya per exemple tenim el que es coneix com a "impost al sol". Tercer, la incertesa que envolta les lleis dins d'aquest àmbit frena a possibles inversors d'invertir en infraestructures que en un futur haurien de ser la columna vertebral que sustenti el nou sistema de l'electricitat i que sense elles és impossible que prosperi. Quatre, alguns segments es resisteixen a un canvi cultural que porta a un canvi del *status quo* donant lloc models de negoci completament nous.

Per combatre aquestes quatre barreres esmentades anteriorment s'han de prendre les següents mesures dividides en quatre categories:

- 1- Redissenyar l'entorn regulador que envolta el sistema. Canviar les regles del joc per permetre una forta onada d'innovació, noves maneres de distribuir l'energia, i poder explotar al màxim els recursos energètics descentralitzats.
- 2- Promoure la construcció de noves infraestructures que permetin el desenvolupament de nous models de negoci i que el nou sistema energètic prengui la direcció descrita anteriorment.
- 3- Redefinir l'experiència del consumidor. Transferir el poder cap al consumidor final amb un sistema elèctric interactiu i digital.
- 4- Adoptar nous model de negoci. Perseguir noves fonts de d'ingressos amb una distribució innovadora i oferir nous serveis al consumidor. Desenvolupar també models de negoci que adaptin la quarta revolució industrial i potenciïn la transformació de la indústria de l'electricitat, donant més poder de decisió als clients, una major eficiència i una més ràpida descarbonització del món.

5.1 El nou sistema elèctric

Ara passem a estudiar com cada una del tres tendències (electrificació, descentralització i digitalització) poden afectar la corba d'adopció d'aquestes noves tecnologies

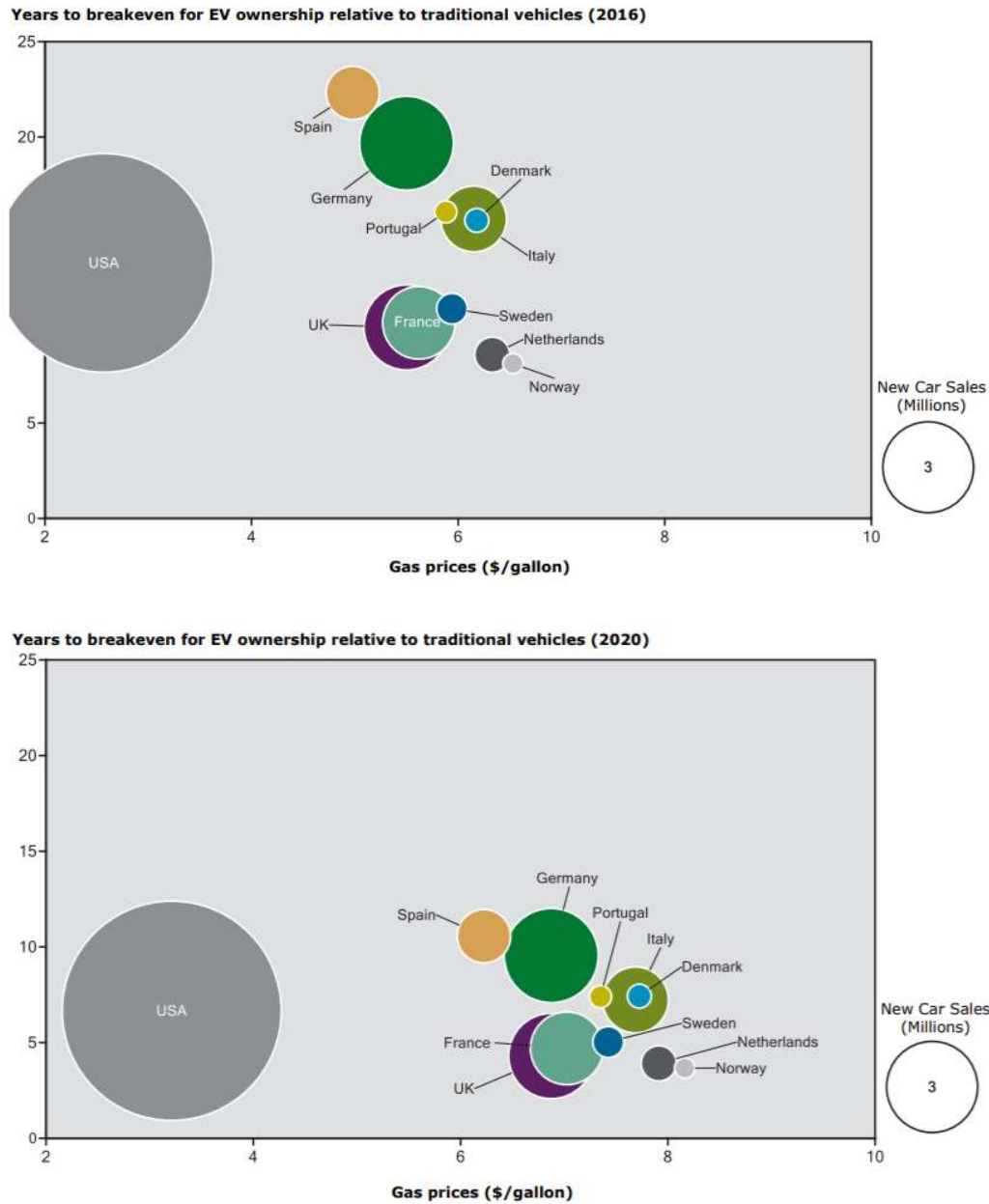
5.1.1 Electrificació

A mesura que la generació evoluciona cap a energies renovables, l'electrificació aporta cada vegada més beneficis mediambientals en diferents sectors, com per exemple, el del transport que s'estan allunyant de la utilització del petroli i carbó, i en molts casos augmentat també l'eficiència energètica. En els països que formen part de la OECD, l'electrificació està sent més prometedora precisament en aquells sectors que són més contaminants: el transport, aplicacions comercials i industrials i els sistemes de calefacció en les llars.

Electrificació del transport.

La tecnologia darrere del cotxe elèctric està avançant a gran velocitat, tenint cada vegada una major acceptació per part de la societat. L'autonomia d'aquest vehicle no para d'augmentar sent ja equiparable a la d'un vehicle amb motor de combustió interna. El cost de les bateries també estan disminuint, des dels 1000\$ pel kWh el 2010 fins els 300\$ el 2015. Aquesta disminució de preus ha fet desaparèixer en molts casos la diferència que hi havia en el cost d'un vehicle elèctric respecte un de combustió interna. Com a resultat d'això, el 2015 ja hi havia més d'un milió de vehicles elèctrics a les carreteres.

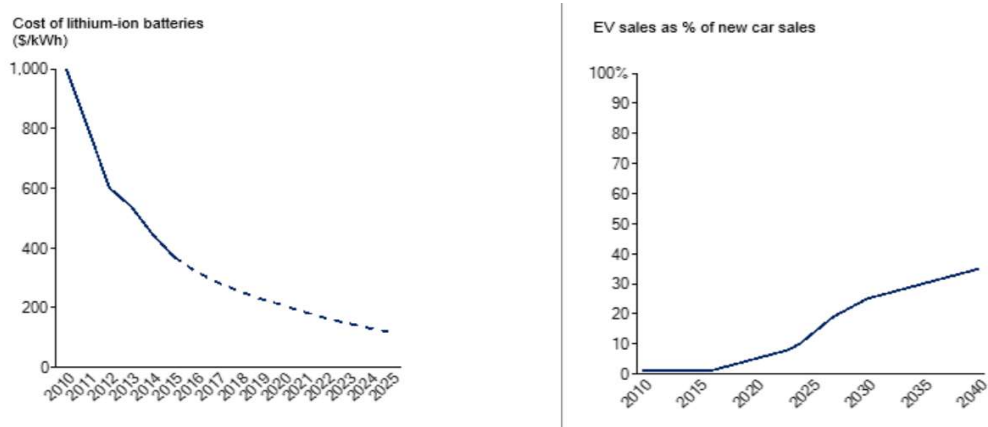
Actualment els vehicles elèctrics disposen a la majoria de països de subsidis per part dels governs per afavorir-ne les vendes. L'any 2020, es calcula que els vehicles elèctrics en un període de 3 a 5 anys passaran a ser més rentables respecte els de combustió interna, és a dir, en tres anys ja s'haurà amortitzat la diferència en el cost del vehicle elèctric respecte el tradicional. A continuació trobem un gràfic que ho exemplifica.



Il·lustració 11 Evolució dels preus dels vehicle elèctrics. Font: World Economic Forum

L'adopció dels vehicles elèctrics significarà un augment del consum d'energia elèctrica obligant així a haver de dur a terme una optimització de la xarxa elèctrica. Això es podria aconseguir si la tecnologia de recàrrega, junt amb uns preus acord al mercat i competitius i un intel·ligent i flexible ús del sistema de càrrega – per exemple, que els propietaris de vehicles elèctrics facin la càrrega quan hi ha poca demanda d'energia (durant la nit) o quan el subministrament és molt elevat (dies assolellats i/o ventosos). També tenir en compte la tecnologia *vehicle-to-home* / *vehicle-to-grid* (V2G) podria accelerar aquest procés, on l'electricitat de les bateries pot ser injectada de nou a la xarxa elèctrica. L'any 2015 a Califòrnia els vehicles elèctric representaven el 0,3% de la càrrega total del sistema; si a

Califòrnia s'aconsegueix l'objectiu de 1,5 milions de VE (Vehicles Elèctrics) el percentatge de càrrega pujaria fins el 3%. Aquest percentatge encara pot seguir augmentant, reforçant així la tendència dels recursos energètics distribuïts els quals es poden explotar i treure'n un rendiment.



Il·lustració 12 Evolució del cost de les bateries / Evolució de les vendes de VE. Font: World Economic Forum

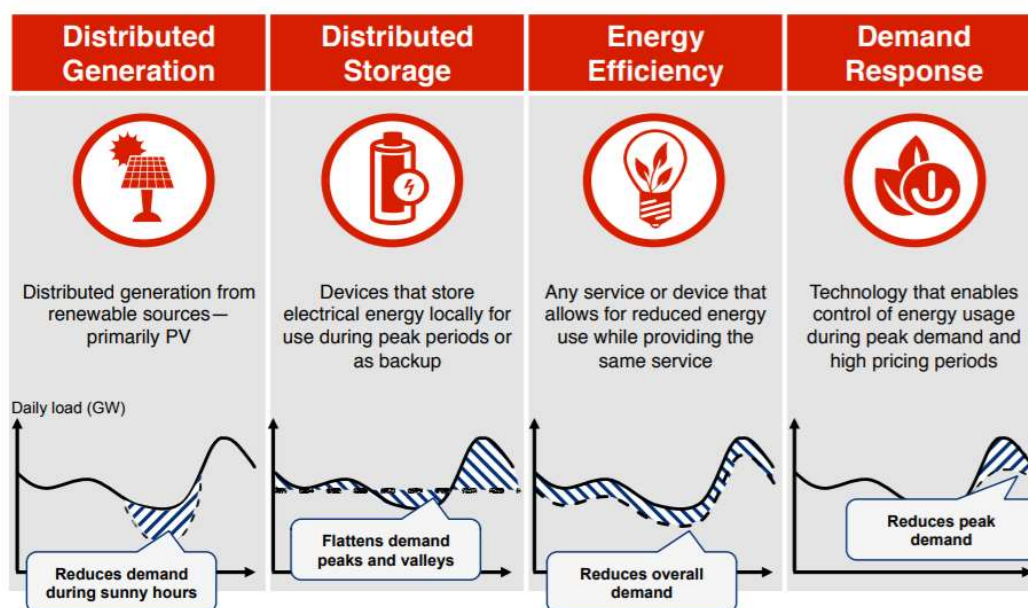
Un altre factor per ser positius respecte una ràpida adopció del VE són els vehicles autònoms (VA). Els VA junt amb el cada cop més baix preu de les bateries ens permeten confiar en una tendència a l'alça del VE, i a la vegada els VE reforcen des d'un punt de vista econòmic la mobilitat autònoma. Els VA poden oferir nous models de negoci com taxis conduïts autònomament, molt més difícil d'imaginar amb els vehicles convencionals. Aquesta nova tecnologia permet crear valor de diferents i noves maneres. Primer permet als usuaris d'aquests vehicles fer altres activitats enlloc de conduir. Segon, els VA permeten i faciliten el *car sharing* quan el vehicle no està sent utilitzat pels propietaris. Aquesta nova font d'ingressos pot fer la inversió en un nou cotxe més atractiva, oferint la capacitat de recuperar part del capital invertit. El *car sharing* potencia el VE ja que el cost per kilòmetre recorregut és inferior que en un vehicle convencional. Tercer i últim, els VA poden estimular una transició cap al "transport com a servei", on els clients finals compraran menys cotxes i els fabricants disposaran de grans flotes de vehicles elèctrics i autònoms.

Tot i així, encara que econòmicament i tecnològicament sigui viable i possible el disposar de grans flotes de vehicles elèctrics i autònoms en un futur proper, les lleis i les regulacions encara han d'evolucionar per estimular el desenvolupament d'aquestes noves tecnologies. Si tots aquest factor s'alineen i apunten cap a la mateixa direcció el nombre de VE que hi haurà a les carreteres encara pot ser superior a les prediccions que s'han fet fins ara.

5.1.2 Descentralització

La descentralització es refereix a diverses tecnologies amb diferents implicacions per la xarxa:

- Generació distribuïda a partir d'energies renovables, principalment plaques fotovoltaïques. Redueix la demanda durant les hores en que brilla el sol.
- Emmagatzematge distribuït, emmagatzema l'energia localment per utilitzar-la durant els períodes de pic o com a reserva energètica.
- L'eficiència energètica permet reduir l'ús de l'energia tot oferint el mateix servei, reduint la demanda total.
- Gestió de la demanda, permet controlar l'ús de l'energia durant els pics de demanda i períodes de preus alts



Il·lustració 13 Efecte a la corba de demanda. Font: World Economic Forum

Generació distribuïda

Els programes d'incentius per fomentar la generació distribuïda mitjançant l'ús de plaques solars ha estat molt efectiu en diversos casos. L'ús de plaques fotovoltaïques ha augmentat dràsticament en els últims anys amb una capacitat global de 260 GWp (gigawatt – peak) el 2015 i amb unes previsions d'arribar als 700GWp l'any 2020. Aquest creixement ha vingut acompanyat d'un descens dels preus dels panell solars, des de 7\$ el watt l'any 2009 a situar-se per sota de 3\$ l'any 2015.

El sistema energètic convencional està dissenyat al voltant d'un nombre limitat de centrals de generació de gran escala connectades a la xarxa que transporta l'electricitat en una sola direcció. Amb la generació descentralitzada, la xarxa de distribució tenen un comportament actiu i transporten la potencia en ambdues direccions, amb una major nombre d'usuaris

actius a tenir en compte i un canvi en el perfil de la càrrega reduint la demanda que ha de satisfer la central de generació. Els requeriments i recursos necessaris per poder dur a terme un model energètic com aquest encara han de ser desenvolupats i duts a la pràctica en la gran majoria de països, afegint també d'uns esquemes sòlids que donin valor a la generació distribuïda.

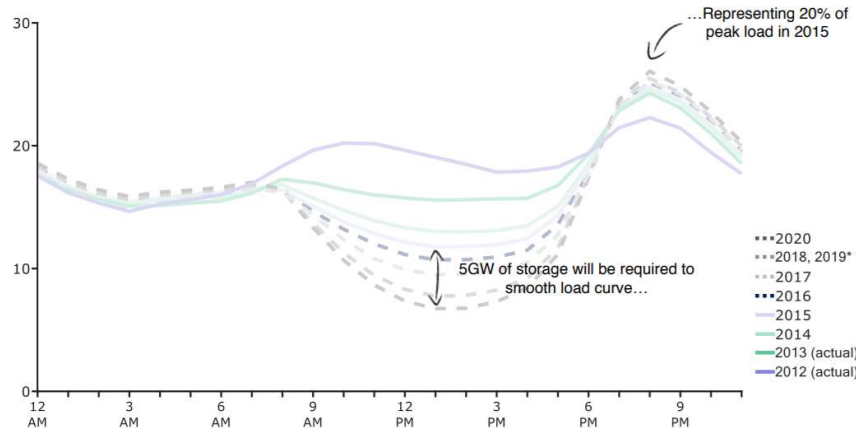
La generació distribuïda pot comportar beneficis pels usuaris finals i pel sistema de diferents maneres. Pels consumidors, l'energia solar pot ser una atractiva i econòmica opció, especialment en àrees amb una alta radiació solar generant l'energia que ells consumeixen. El sistema se'n pot veure beneficiat al no haver de subministrar energia a aquelles cases que la generen a partir de plaques solars, reduint així la demanda total. La generació descentralitzada pot ser la millor manera de combatre l'augment de la càrrega que pateixen les centrals, especialment en aquells llocs on sigui molt costós afegir noves infraestructures. A Califòrnia, degut al tancament de San Onofre Nuclear Generating Station i una disminució de la capacitat centralitzada de generar energia ha conduït a la necessitat d'haver de generar més energia per una àrea tan densa com és aquesta. Com a resultat, s'han instal·lat centenars de megawatts provinents de fonts de generació descentralitzades, que arriben al 10% dels requeriments de capacitat de càrrega.

Emmagatzematge distribuït

A mesura que més energia elèctrica provinent de recursos renovable entri a la xarxa, la necessitat d'emmagatzemar aquesta energia esdevindrà cada vegada més important. Sense capacitat d'emmagatzematge, quan hi hagi molta energia entrant al sistema degut a dies assolellats o forts vents o en dies o períodes de baixa demanda, l'oferta superarà la demanda i trobarem que els preus de l'energia seran negatius, com va passar més de diverses vegades a Califòrnia l'any 2015. Els pronòstics estimen que aquest desequilibri succeirà cada vegada més a mesura que les energies renovables vagin guanyant popularitat, intensificant la "duck curve". La possibilitat d'emmagatzemar energia aporta flexibilitat al sistema, suavitzant els pics i les valls de les corbes de subministrament i prevenint casos disruptius en l'economia del mercat.

Les projeccions estimen que la demanda d'energia elèctrica emmagatzemada, exclouent el bombeig hidràulic, augmentarà des dels 400MWh el 2015 fins els 50GWh l'any 2025. Les bateries de ió-liti abastaran gran part del mercat, i és probable que cada vegada siguin més econòmiques a mesura que es desenvolupen i el seu ús augmenta degut als VE, un mercat on la demanda d'aquestes bateries pot arribar als 293GWh l'any 2025.

L'emmagatzematge és cada cop més econòmic com a resultat dels avenços tecnològics referits a les bateries, també s'estan aconseguint unes majors capacitats que permetran un major desplegament d'energia provinent d'aquestes fonts descentralitzades. Degut al descens dels costos de les bateries, el preu d'emmagatzemar energia pot arribar a la paritat amb el preu de l'energia provinent de la xarxa l'any 2020.



Il·lustració 14 Evolució de la corba de demanda degut a la integració de les bateries. Font: World Economic Forum

Els principal obstacles a superar per una integració completa dels recursos energètics descentralitzats són, falta d'informació respecte els preus per fomentar l'emmagatzematge distribuït, no existeix una definició clara de l'emmagatzematge com a bé i un integració pobre amb els processos de planificació actuals. Un sistema eficient d'emmagatzematge depèn en carregar i descarregar electrons en els moments òptims, i això depèn directament de la informació dels preus que s'envia de forma automàtica als sistemes intel·ligents d'emmagatzematge.

L'emmagatzematge ajudarà a descarbonitzar la generació suavitzant la corba de la demanda i aplanant el camí per les energia renovables. L'ús de l'emmagatzematge en entorns comercials i industrials ha augmentat considerablement en els últims anys. Tot i així, l'emmagatzematge arribarà al seu màxim potencial quan estigui connectat a la xarxa i pugui disposar i oferir una sèrie de serveis a diferents nivells, que permetran, per exemple, una regulació de la freqüència, adequació dels recursos, alleujament de la congestió en hores pic, entre d'altres. Si a això hi sumem informació instantània sobre els preus, els inversors podrien percebre uns rendiments més elevats fet que podria comportar una acceleració de la transició del sistema. Alguns proveïdors estan combinant el *big data* i anàlisis predictius per reduir el cost de l'electricitat pels consumidors i al mateix temps aportar capacitat al sistema quan ens trobem en períodes de pic de demanda.

Eficiència energètica

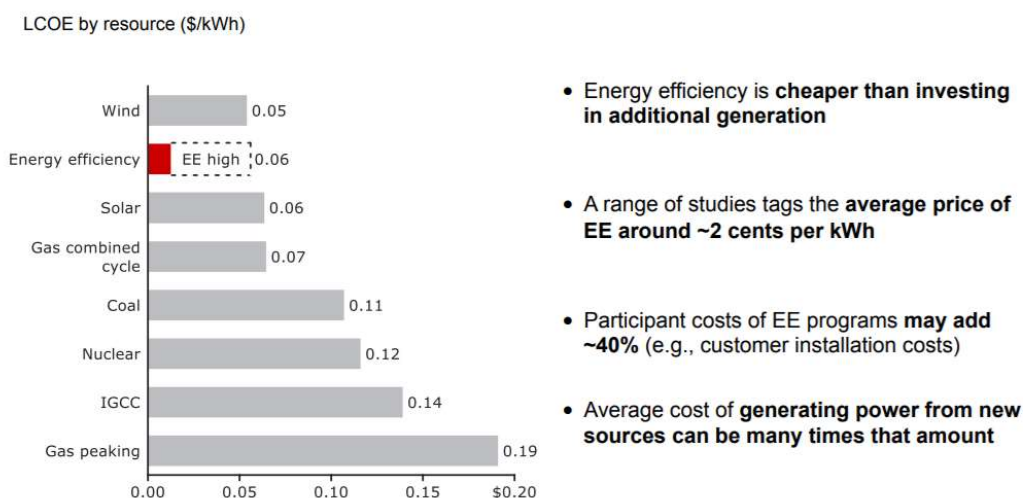
Els programes d'innovació i d'eficiència energètica han ajudat a que tant els productes de consum com industrials siguin molt més eficients energèticament parlant que anys enrere. En els països membre de la IEA (*International Energy Agency*), entre els que es troba Espanya, les millores en eficiència des de l'any 1990 han ajudat a estalviar cada any un consum equivalent al de 5 milions de llars. El consum d'energia destinat a la il·luminació ha baixat un 75% gràcies als fluorescents compacte i als LEDs. Als EEUU, els productes

amb el certificat EPA, certificant la seva eficiència energètica, han arribat a un 46% dels frigorífics, un 84% dels rentavaixelles, 93% dels televisors LCD, 53% d'ordinadors i 67% de les làmpades.

Tot i aquest aparent èxit, l'eficiència energètica ha de superar la barrera dels electrodomèstics i equipaments amb uns alts cicles de recanvi, que acostumes a ser de 9 anys o més. Es necessitaran més de 25 anys per canviar els frigorífics d'EEUU per uns de més eficients, ja que prop de la meitat són energèticament eficients i el cicle de recanvi és de 13 anys.

Tot i les limitacions, és mereix la pena lluitar per productes i programes d'eficiència energètica perquè acostumen a ser la manera més econòmica de reduir la demanda d'energia. Estalviar-se de produir un Kwh acostuma a ser més barat que buscar fons alternatives que el produeixin. Amb un cost d'entre 2 i 3 cèntims el Kwh, l'eficiència energètica és significativament més barata que invertir en altres tipus de generació d'energia. La IEA estima que gràcies a cada dolar invertit en eficiència energètica, s'estalvien més de 2\$ de ser invertits en producció d'energia

Figure 8. Energy efficiency costs less than investing in additional generation (uses average unsubsidized levelized cost of energy for each generation resource)



Il·lustració 15 Retorn al invertir en diferents tecnologies verdes. Font: World Economic Forum

Resposta a la demanda

Una resposta de la demanda aporta flexibilitat mitjançant informació dels preus i del volum d'energia consumits, i també incentius financers per ajustar el nivell de la demanda i el de la generació dels recursos (consum, generació distribuïda i emmagatzematge) en moments estratègics durant el dia. Aquesta pràctica també la du a terme Uber, juga amb els preus per controlar l'oferta i la demanda, i que no hi hagi conductors sense trobar clients ni clients sense trobar conductors. Quan l'oferta és molt alta i la demanda baixa,

automàticament baixen els preus dels viatges per tal que una part dels conductors es retirin del mercat, així es redueixi l'oferta i s'anivella amb la demanda. Al revés també passa, quan la demanda és molt alta que els conductors no la poden satisfer tota, pugen el preu per tal de que nous conductors s'incorporin al mercat aconseguint així cobrir la totalitat de la demanda.

A mesura que més recursos energètics distribuïts es connectin a internet, els programes de resposta de la demanda guanyaran pes dins d'un sistema cada cop més flexible, els beneficis són tal que fins i tot poden fer disminuir les inversions anuals en la xarxa a EEUU en un 10%. Els principals clients potencials per aquestes solucions són sobretot les indústries i els comerços, ja que és més difícil arribar al sector residencial degut a uns als costos d'adquisició i la limitació que tenen per flexibilitzar el seu consum d'energia. Tot i així, cada vegada hi ha més nous dispositius intel·ligent que responen automàticament a les senyals dels preus (frigorífics intel·ligents, entre d'altres), si tenim també en compte la digitalització del sector elèctric, els usuaris residencials cada vegada ho tindran més fàcil per adoptar aquesta nova tendència de la resposta de la demanda.

5.1.3 Digitalització

Les tecnologies digitals permeten que diferents dispositius es comuniquin a través de la xarxa i aportin dades tant pels clients com per la gestió de la xarxa i de les operacions. Els comptadors intel·ligents, els nous sensors que incorporen la tecnologia IoT, el control remot de la xarxa i una automatització del sistema i plataformes digitals concebudes per l'optimització de la xarxa permetran operar en temps real dins la xarxa i els recursos connectats recol·lectaran dades per tenir un millor coneixement de l'estat de la xarxa en cada moment i millorar també els serveis que s'ofereixen.

Les dades provinents dels *smart devices* i dels recursos energètics distribuïts jugaran un paper crucial en els nous models de negoci per enfortir la fidelitat dels clients i adoptar les noves tecnologies que estan per venir en el sistema elèctric. Degudament compartides i utilitzades, les dades tenen el potencial de millorar l'experiència del client a través d'un millor accés a la informació referent al seu consum i generació i permeten operacions automatitzades que ajudaran als clients a gestionar d'una manera flexible la demanda d'electricitat i optimitzar costos.

El desplegament de les tecnologies digitals a la xarxa es pot veure obstaculitzat per regulacions antiquades, quan el model de remuneració afavoreix la inversió a les infraestructures del sistema deixant a un segon nivell a l'explotació de recursos distribuïts i la digitalització de la xarxa que potenciarien una reducció del preu i optimització dels recursos utilitzats. A mesura que anem adoptant la digitalització, apareixeran nous dispositius, comunicant-se entre ells i treballant a la par. Una infraestructura de banda ampla que permeti les comunicacions i suporti els diferents serveis que s'oferiran a la xarxa és l'element clau per aconseguir una completa digitalització del sistema. Per tal que la digitalització avanci i es consolidi en el sistema energètic, cal desenvolupar un entorn on

tant la tecnologia com les regulacions apunten cap a la mateixa direcció.

La digitalització de la xarxa és una clara oportunitat per aconseguir uns costos més efectius i una gestió del sistema elèctric, amb retorns tant en el servei que s'ofereix com en el cost d'aquest servei. Hi ha diverses avantatges tècniques gràcies a les xarxes elèctriques i als comptadors intel·ligents; algunes d'aquestes ja representen un augment en el valor que es genera gràcies a utilitzar les dades per millorar les operacions. *Florida Power and Light* (FPL) utilitza dades provinents de la xarxa per monitoritzar l'estat de la xarxa i de les seves operacions. FPL diu que l'ús que han fet de les dades, concretament les que provenen dels comptadors intel·ligents, van contribuir a aconseguir uns estalvis de 30 milions de dòlars en el 2014.

Per la banda dels clients, a mesura que els costos dels sensors disminueixi augmentaran les oportunitats per adoptar cada vegada més tecnologies relacionades amb la recopilació de dades i el seu ús. Els dispositius intel·ligents juguen un paper crític en favor de la transició del sistema elèctric, i les dades provinents d'ells ajudaran a desenvolupar nous productes i serveis, que a la vegada acceleraran la transformació i digitalització del sistema.

Aquestes noves tecnologies estan aplanant el camí cap un nou sistema energètic que desbloquejarà significants beneficis tant econòmics com socials. Tot i així, no s'ha d'infravalorar el risc de destrucció de valor si el sistema fracassa en capturar i rendibilitzar el valor extret dels recursos energètics distribuïts, que pot deixar els bens de generació i de la xarxa inutilitzats i afectar en últim terme als clients. Aquest risc és un motiu més per identificar i prendre les decisions correctes per tal d'accelerar la transició cap un sistema amb uns costos més efectius i promoure l'intercanvi de valor.

La velocitat de l'adopció i l'èxit en donar forma a la transformació de la manera més beneficiosa pel sistema i la societat dependrà en un gran nombre de factors dins de quatre grans categories: regulació, infraestructura, models de negoci i fidelitat del client. Tant el sector públic com privat hauran de treballar conjuntament per accelerar l'adopció de les noves tecnologies referides a la xarxa elèctrica, ja que ningun d'ells pot fer-ho sense l'altre.

Els reguladors hauran de redissenyar l'entorn legal que envolta el sistema elèctric, adaptant el model d'ingressos i tarifes provinents de la xarxa, planificar el sistema elèctric sobretot en aquells àmbit completament nous com són els recursos energètics distribuïts i utilitzar les senyals dels preus per extreure'n el màxim benefici.

El sector privat haurà de reconèixer la nova realitat digital, l'apoderament del client i el futur del nou sistema a promoure nous models de negoci i simplificant i redissenyant l'experiència de l'usuari residencial, comercial i industrial.

6. ESTAT DEL SISTEMA ELÈCTRIC A ESPANYA

La demanda d'energia elèctrica a Espanya consolida l'evolució positiva iniciada l'any 2015, després de les caigudes als anys anteriors degudes a la crisi econòmica. El 2017 la demanda va arribar als 268.505 GWh, un 1,3% més que l'any anterior, superant també el creixement de l'any 2016 respecte el 2015 (0,7%). Per altre banda la generació es va mantenir gairebé estable augmentant un 0,2% respecte l'any anterior, pel que una part de la demanda es va haver de cobrir amb un saldo importador de 9.220 GWh resultant dels intercanvis d'energia amb altres països.

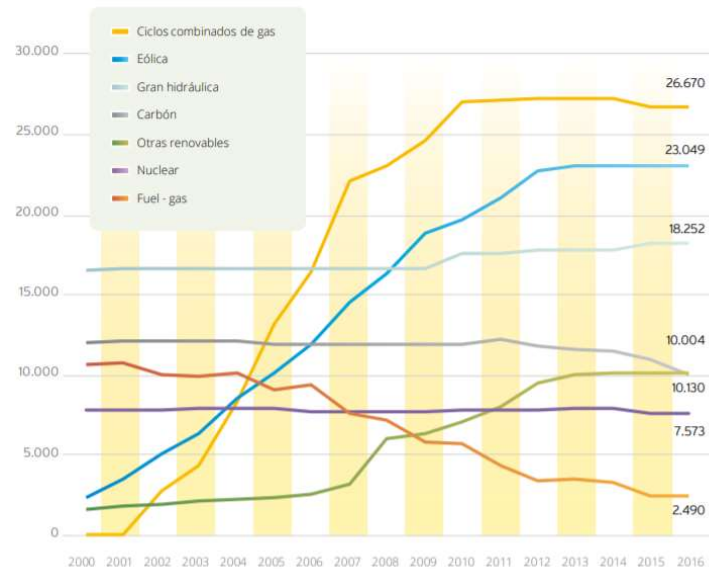
Les energies renovables han disminuït al llarg de l'any 2017, de fet han registrat el pitjor any dels últims 5, reduint la seva quota de generació fins el 33,3%, respecte el 40,8% de l'any 2016. El principal motiu ha sigut la sequera, que ha fet que l'aportació hidràulica es redueixi a més de la meitat, passant de 14,2% el 2016 a un 7% el 2017. Al disminuir l'aportació hidràulica s'ha hagut de substituir aquesta electricitat amb combustibles fòssils, un 17% de l'energia produïda provenia del carbó (el 2016 va ser representar el 13,9%) i un 13,9% dels cicles combinats (en front del 10,2% del 2016).

En quant a les tecnologies que més han produït, la nuclear es troba de nou al capdavant amb una aportació del 21,5%, seguida de l'eòlica amb el 18,2%. La solar ha contribuït amb un 5,2% (3,1% de fotovoltaica i 2,1% de termosolar). També cal destacar que el 3,6% de la demanda s'ha cobert amb energia importada d'altres països.

Com a curiositat podem destacar que l'eòlica va arribar a cobrir el 60.7% de la demanda en un moment puntual el 28 de febrer a les 3.45h.

El parc generador d'energia elèctrica va descendir a Espanya per segon any consecutiu, es va finalitzar l'any amb 105.341 MW de potencia instal·lats, un 0,6% menys que el 2016. Aquesta disminució es deguda principalment al tancament de la central nuclear Santa Maria de Garoña de 455 MW, una instal·lació que estava inactiva des de finals del 2012. Les variacions en la resta de tecnologies han sigut nul·les o poc significatives.

Els cicles combinats de gas natural són la tecnologia amb major presència, contenen amb un 25,32% del total, seguits per l'energia eòlica amb un 21,88% i de la gran hidràulica amb un 17,33%. Les energies renovables en el seu conjunt representen un 48,8% de la potencia amb 51.430 MW.



Il·lustració 16 Pes de cada tecnologia en la producció d'energia. Font: Red Eléctrica de España

Tot i que l'any 2001 no es comptava amb ningun MW de cicles combinats de gas natural instal·lat, aquesta tecnologia ha experimentat des d'aleshores un altíssima taxa d'instal·lació, fins a convertir-se en la tecnologia més utilitzada. El desenvolupament de la generació en règim ordinari, com és el cas dels cicles combinats de gas natural, és resultat de la lliure iniciativa empresarial. En canvi, el desenvolupament de les instal·lacions renovables és conseqüència directa d'una política energètica dissenyada per complir, entre altres aspectes, amb els objectius en matèria mediambiental marcats per Europa en base a directrius marcades en la regulació del sector.

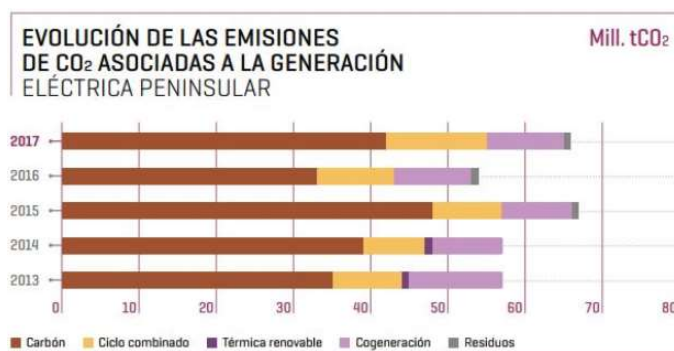
El desenvolupament de la xarxa de transport d'energia elèctrica a Espanya va registrar el 2017 un augment de 215 km de circuit i 1210 MVA de capacitat de transformació. El total de la longitud de la xarxa elèctrica espanyola és de 1.000.000 de kilòmetres, dels quals un 4,4% són línies de transport i l'altre 95,6% són línies de distribució.

INSTALACIONES DE LA RED DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA					
	400 kV	≤ 220 kV			
	Península	Península	Baleares	Canarias	TOTAL
Total líneas (km)	21.729	19.040	1.808	1.422	43.999
Líneas aéreas (km)	21.612	18.265	1.089	1.146	42.112
Cable submarino (km)	29	236	540	30	835
Cable subterráneo (km)	88	539	179	245	1.051
Transformación (MVA)	80.208	613	3.273	2.560	86.654

Datos provisionales: previsión de puestas en servicio realizada el 4 de diciembre de 2017. Kilómetros de circuito y de capacidad de transformación acumulados a 31 de diciembre de 2017.

Il·lustració 17 Xarxa de transport. Font: Red Eléctrica de España

Una altra conclusió que podem extreure de l'any 2017 és que augmenten les emissions, i això és degut a l'augment de la generació mitjançant combustibles fòssils. El 2017 ha sigut el segon pitjor any des del 2013 amb 74,8 milions de tones de CO₂, només superades per les 77,8 de l'any 2015. La font d'energia responsable d'emetre pràcticament el 60% del CO₂ és el carbó, aquesta tecnologia emet a l'atmosfera casi un kilogram d'aquest gas d'efecte hivernacle per cada KWh que produeix. Per altra banda, els cicle combinats, tot i que la generació del carbó és només un 3,1% superior, representen un 16,8% de les emissions, aquesta millora respecte el carbó es deu que els cicles combinats emeten entre 430-450 grams de CO₂ per cada KWh.



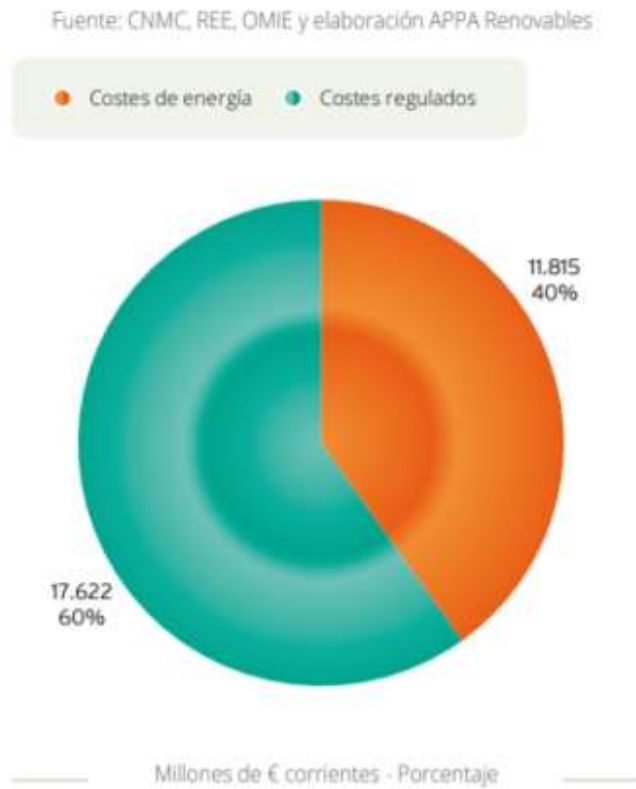
Il·lustració 18 Evolució de les emissions de CO₂. Font: Red Eléctrica de España

6.1 Costs del sistema

A mitjans de l'any 2013, el Govern central va posar en marxa la reforma energètica, justificant-la en la necessitat urgent d'acabar amb el denominat dèficit de tarifa. Aquesta reforma s'ha centrat exclusivament en la reducció dels costos regulats del sistema i sobre els costos de la retribució de les energies renovables, que han sigut les grans damnificades.

Des de finals del 2013, amb l'aprovació de la Llei 24/2013 del Sector Energètic, han desaparegut les primes a l'antic Règim Especial (entre les que estava la generació renovable), que han sigut substituïdes per un Règim Retributiu Específic que complementa els ingressos obtinguts per aquestes tecnologies en el mercat elèctric per recuperar els costos d'inversió i operació.

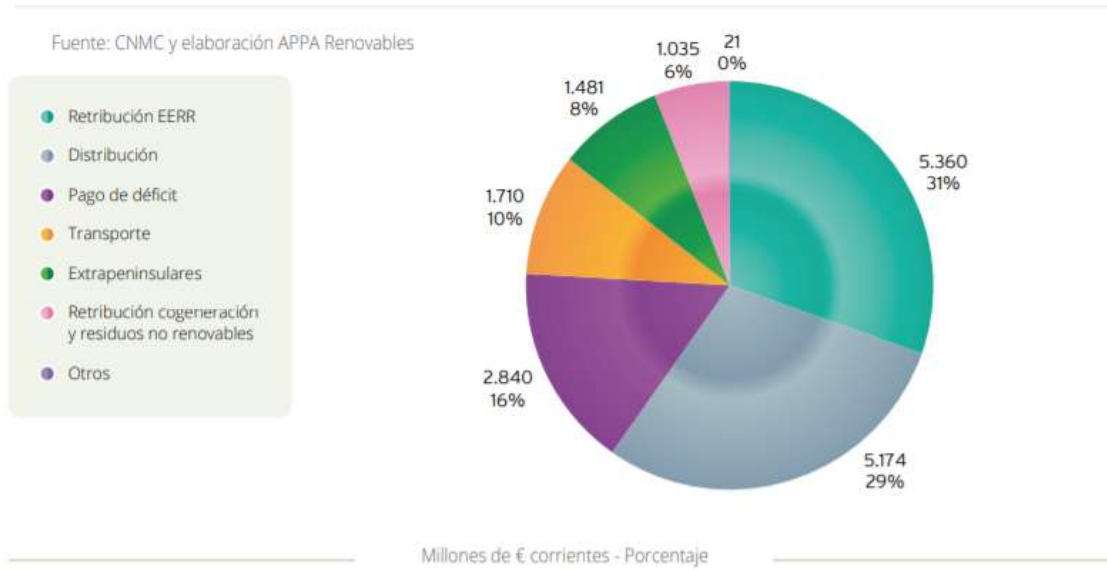
Els costos del sistema elèctric es componen de 2 trams. El primer es refereix als costos de les activitats regulades, entre els que trobem la retribució a les energies renovables. El segon són els costos de la liberalització de l'energia, que contempla els costos del mercat elèctric (conegut com a pool).



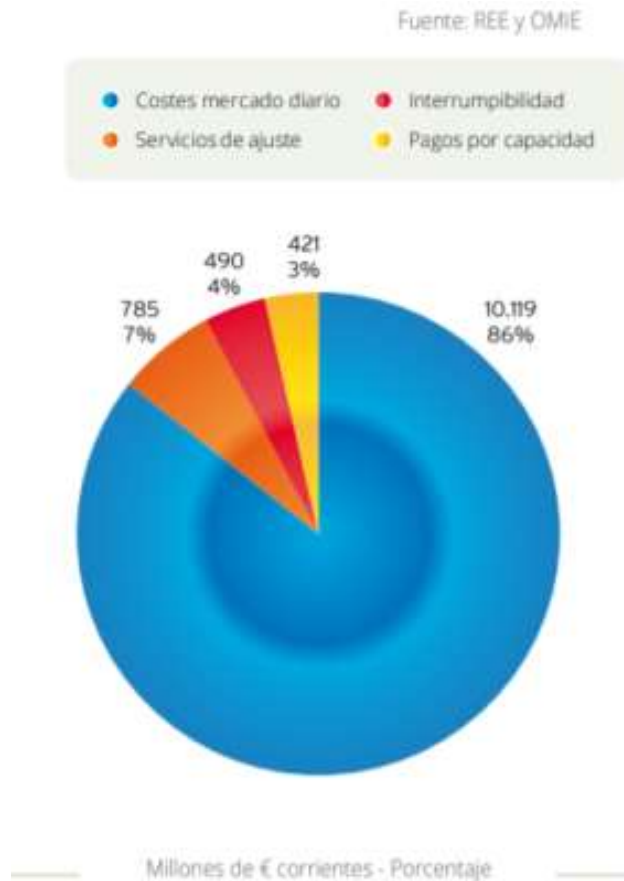
Il·lustració 19 Costos regulats vs. Costos d'energia. Font: appa.es

Tant els costos regulats com els liberalitzats es traslladen directament a les factures dels consumidors elèctrics, que s'incrementen amb l'impost de l'electricitat (4,86%) i l'IVA (21%). L'any 2016, els ingressos del sistema elèctric han estat superiors als costos, la qual cosa ha generat un superàvit de 25 milions d'euros.

A continuació veiem com es desglossen tant els cost regulats com els liberalitzats de l'energia.



Il·lustració 20 Distribució de costs. Font: appa.es



Il·lustració 21 Distribució de costs 2. Font: appa.es

7. COOPERATIVES ENERGÈTIQUES

Les cooperatives d'energies renovables o cooperatives energètiques són cooperatives que generen, distribueixen i/o comercialitzen energies d'origen renovable. El model contrasta amb les companyies energètiques tradicionals que acostumen a ser grans empreses i afavoreixen la producció d'energia de forma centralitzada, en canvi les cooperatives aposten per la producció descentralitzada i gestionada pels socis de les cooperatives. El sorgiment del moviment cooperatiu d'energies renovables és un fenomen mundial, però que s'està desenvolupant sobretot al oest i nord d'Europa. Entre les motivacions principals dels ciutadans per impulsar aquestes organitzacions figuren la necessitat de promoure la transició de les energies renovables a la vista dels problemes ambientals com el canvi climàtic i de falta de recursos no renovables com el petroli, així com l'aspiració de reprendre el control social de les fonts d'energia.

7.1 Historia

Les cooperatives d'energia són un fenomen amb més d'un segle d'història. En molts països del món, a finals del segle XIX i principis del XX es van constituir nombroses cooperatives amb l'objectiu de dotar de xarxa elèctrica a nuclis rurals aïllats que no estaven entre les principals prioritats dels governs del moment. Sent aquesta la motivació principal, quedava fora del debat qualsevol prioritat per una font d'energia o una altra més enllà de la disponibilitat del recurs i de les capacitats de la cooperativa de gestionar la demanda.

Tot i així, les crisis del petroli dels anys 70 van posar de manifest la vulnerabilitat i dependència de les economies industrialitzades davant la falta de recursos, així com la creixent certesa de la insostenibilitat ambiental del model energètic, responsable directe del canvi climàtic com d'altres impactes ambientals, van motivar la creació de les primeres cooperatives d'energies renovables en països com Dinamarca o Alemanya. A partir del 1990 el fenomen es va expandir per la major part de països de l'oest i nord d'Europa. Actualment s'estima que existeixen més de 3000 cooperatives en el continent. El model s'està estenent també a per altres regions com Àsia, Àfrica i Sud Amèrica.

7.2 Cooperatives d'energia renovable a Europa

Actualment s'estima que existeixen més de 3000 cooperatives en el continent, encara que amb una distribució desigual. Es troben principalment a l'oest; Dinamarca, Holanda, Bèlgica, Alemanya, Àustria, el nord d'Itàlia Suècia, Regne Unit, França i en menor extensió Espanya i el sud d'Itàlia. En la resta d'Europa la seva presència és molt escassa o nul·la, especialment en els països que van tenir règims socialistes durant la segona meitat del segle XX.

Entre les cooperatives més importants a nivell europeu es troben organitzacions com Enercoop (França), que inclou 10 cooperatives i 115 productors (50MW) que produeixen 110 GWh d'electricitat a partir de renovables pels seus 35000 membres. Ecopower

(Bèlgia), que és propietària de instal·lacions solars, eòliques, mini-hidroelèctriques, entre d'altres, produeixen 55 GWh anualment per cobrir el consum dels seus 55000 membres. Per últim destacar Middelgrunden (Dinamarca) que va ser la primera cooperativa eòlica offshore en el país fundada l'any 1997 i agrupa 8600 socis.

Actualment existeix una federació de cooperatives d'energia renovable a nivell Europeu anomenada REScoop, que agrupa a unes 1250 organitzacions constituïdes per 650000 socis.

7.3 Cooperatives d'energia renovable a Espanya

A Espanya s'han produït dues onades de creació de cooperatives energètiques: la primera a finals del segle XIX i principis del segle XX, i la segona més recentment a partir del 2010.

A finals del segle XIX i principis del XX, l'energia no era tan accessible per les persones alienes als àmbits urbans, ja que entre les prioritats de les grans empreses i l'Estat no estava la instal·lació de línies elèctriques i xarxes de distribució en zones rurals o aïllades dels grans centres de consum. Això va motivar la constitució de cooperatives en nombroses zones de la geografia espanyola en la que els propis veïns de les localitats s'organitzaven per produir i distribuir energia elèctrica. En el seu moment àlgid, s'estima que existien 2000 cooperatives, encara que després de la Guerra Civil les dificultats econòmiques van propiciar que moltes d'aquestes cooperatives fossin absorbides per empreses més grans, en un procés de creixent concentració empresarial. S'estima que sobreviuen 21 d'aquestes organitzacions, 16 de les quals es troben a la Comunitat Valenciana. Encara que inicialment estava fora de les seves motivacions, algunes d'aquestes cooperatives com Enercoop a Crevillente han adoptat principis de generació i comercialització 100% renovables.

Més recentment, i amb la motivació de construir un model energètic basat en la producció renovable i gestionat de forma social, han sorgit nombroses cooperatives energètiques a Espanya. Aquesta segona onada de cooperatives s'ha centrat en la comercialització d'energia elèctrica d'origen renovable. Aquestes cooperatives estan caracteritzades per un fort creixement anual.

A l'actualitat, l'origen renovable de l'energia elèctrica es certifica mitjançant el mecanisme de les garanties d'origen, que permet a les cooperatives comercialitzar als seus socis energia renovable a través del sistema elèctric espanyol, podent ser produïda per la cooperativa o per tercers.

Tot i la voluntat de les cooperatives de generar la ells mateixos l'energia demandada pels socis, els obstacles a les renovables (moratòria a les ajudes de les renovables des de 2012) i la incertesa reguladora (limitacions a l'autoconsum) han dificultat que la majoria de cooperatives hagin pogut desenvolupar nous projectes. Això fa que, a dia d'avui, la gran majoria de l'energia renovable comercialitzada procedeixi de garanties d'origen cedides per tercers.

A principis de maig del 2016 es va constituir la “Unión Nacional de Cooperativas de Consumidores y Usuarios de Energías Renovables” (UNCCUER) que agrupa diferents cooperatives amb els objectius d'unificar esforços en la promoció conjunta de la comercialització d'energia 100% renovable, de la transició al nou model energètic basat en el fi de la dependència dels combustibles fòssils i el pas a instal·lacions i xarxes de generació distribuïdes així com impulsar l'economia local. Al novembre de 2017 UNCCUER es passa a anomenar Unión Renovable.

8.EINA PER CÀLCUL DE TARIFES

Aquesta part del treball consisteix en el desenvolupament d'un programa informàtic, que donat un consum mensual retorna la tarifa més barata de les diferents comercialitzadores que s'han tingut en compte.

Abans de començar a desenvolupar el programa era necessari saber de quina informació es podria disposar sobre el consum energètic de cada factura. Sí que és cert que en la mateixa factura ja ve acompanyada d'una gran quantitat d'informació sobre el consum energètic, però aquesta no és suficient per poder treure conclusions clares sobre quina tarifa seria la més adient. En canvi, dins de l'àrea client de cada comercialitzadora sí que existeix una informació més detallada sobre el consum de cada factura. Concretament, en el cas d'Endesa consisteix en un document CSV (Comma Separated Value) on trobem el consum horari al llarg de tot el mes. Aquesta informació és de gran utilitat ja que la majoria de tarifes diferencien el preu de l'energia depenent de l'hora en que es consumeixi. El document extret de l'àrea client de Endesa es troba adjunt més endavant (il·lustració 21). El programa s'ha desenvolupat amb PowerShell, que és una interfície de consola per a sistemes operatius Windows amb possibilitat d'escriptura i unió de comandes per mitjà d'instruccions (*scripts*).

El programa consta de dues parts clarament diferenciades, primer el tractament de les dades i després la part de càlcul de tarifes. Abans de res, cal introduir l'estació de l'any en que ens trobem (estiu o hivern) i la potència que tenim contractada ja que aquesta informació no es pot aconseguir a partir del document del consum. Un bon tractament de les dades és molt important per així després simplificar al màxim els càlculs de les diferents tarifes. L'estructura de les dades que entraven en el programa és com les veiem a la il·lustració 21, cada fila representa un dia i en aquesta fila hi ha 24 columnes amb els consums de cada hora. A partir d'això, ens interessa aconseguir 24 llistes diferents amb el consum horari de cada dia, com la que veiem a continuació.

$\$ConsumDia = (\#1 , \#2 , \#3 , \#4 , \#5 , \#6 , \#7 , \#8 , \#9 , \#10 , \#11 , \#12 , \#13 , \#14 , \#15 , \#16 , \#17 , \#18 , \#19 , \#20 , \#21 , \#22 , \#23 , \#24)$

S'agafa cada una d'aquestes llistes del consum diari i es crea una llista de llistes anomenada $\$ConsumMes$, on cada terme de la llista $\$ConsumMes$ és la llista $\$ConsumDia$ referent a cada dia del mes de la factura.

\$ConsumMes = (\$ConsumDia1, \$ConsumDia2, \$ConsumDia3, \$ConsumDia4 ...), o el que és el mateix,

\$ConsumMes = ((#1, #2, #3, #4...) , (#1, #2, #3, #4...) , (#1, #2, #3, #4...) , (#1, #2, #3, #4...) ...)

De tal manera que si volem saber el que es va consumir entre les 10h i les 11h del dia 15 es pot consultar mitjançant \$ConsumMes[15][10].

També convé diferenciar entre el consum en hores vall i en hores punta. Aquí és important saber si ens trobem en estiu o hivern, ja que els períodes vall i punta varien segons l'estació de l'any en que ens trobem. Aquest pas consisteix en dividir la llista \$ConsumDia en dues parts, aquells consums que estan dins les hores vall les ajuntarem en la llista \$ConsumDiaVall, i el mateix amb la llista \$ConsumDiaPunta. Aquí cal remarcar que hi ha algunes tarifes que diferencien també en el període supervall, aleshores en lloc de diferenciar en només dos períodes ho fem també amb 3.

Degut a la peculiaritat de diferents tarifes que ofereixen diferents companyies s'han hagut de tractar les dades de diferents maneres per poder finalment calcular el preu d'aquestes tarifes. Per exemple, una tarifa de Endesa en que permet triar les 8h més barates per aplicar a aquestes un preu més barat que les 16 hores restants del dia. Per això, s'ha d'ordenar els consums horaris de cada dia per poder saber a quines hores s'ha consumit més per poder aplicar a aquestes hores el preu més barat.

De la mateixa manera, la tarifa Tempo de Endesa discrimina segons les hores Tempo per aplicar un preu o un altre. Per això, semblant al que s'ha fet anteriorment amb les hores vall, punta i super vall a continuació s'ha diferencia entre les hores Tempo i no Tempo.

Aquest són alguns dels exemples de com s'han hagut de tractar les dades, un cop ja tenim totes les opcions cobertes podem passar a calcular les tarifes. Aquesta part és més senzilla, ja que simplement consisteix en fer un sumatori de tota l'energia i multiplicar-la pel preu de l'energia. A això hem de sumar la potencia contractada multiplicada pel terme de potència aconseguint el preu final de la factura abans d'impostos.

El resultat que dona aquest programa són les il·lustracions 22 i 23, on primer de tot veiem el preu de totes les tarifes tingudes en compte i després un gràfic on veiem a quin període del dia es consumeix més energia, si en el període de vall, punta o supervall, de tal manera que així podem optimitzar els costums de consum d'energia o canviar-los per tal d'acumular-ne en els períodes més barats.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Dià	Hora 1 (kWh)	Hora 2 (kWh)	Hora 3 (kWh)	Hora 4 (kWh)	Hora 5 (kWh)	Hora 6 (kWh)	Hora 7 (kWh)	Hora 8 (kWh)	Hora 9 (kWh)	Hora 10 (kWh)	Hora 11 (kWh)	Hora 12 (kWh)
2	23/02/2018	-	-	-	-	-	0,1	1,64	2,68	2,23	2,19	0,05	0,06
3	24/02/2018	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,72	1,31	0,99	1,05	0,97	1,03
4	25/02/2018	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3,57	0,06	0,06	0,06	0,12	0,08	0,05
5	26/02/2018	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,11	0,08	0,52	0,59	2,71	0,08	0,1
6	27/02/2018	0,73	0,06	0,05	0,12	0,06	0,05	0,05	0,89	2,03	0,44	0,61	1,83
7	28/02/2018	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	1,23	0,93	0,45	0,87	2,53
8	01/03/2018	1,58	1	1	1,06	0,98	1,06	0,98	0,61	0,09	0,27	0,06	0,51
9	02/03/2018	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,85	0,82	0,2	0,06	0,12
10	03/03/2018	0,05	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,11	0,08	0,06	1,21	3,65	1,48
11	04/03/2018	0,06	0,05	0,08	0,1	0,06	0,06	0,06	0,18	0,07	0,1	1,08	0,39
12	05/03/2018	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,07	0,17	1,22	0,34	0,72	2,65
13	06/03/2018	1,06	0,13	0,12	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,8	1,85	0,15	0,08
14	07/03/2018	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,12	0,09	1,59	2,36	2,44	0,07	0,13
15	08/03/2018	0,13	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,32	0,74	0,14	0,06	0,07
16	09/03/2018	0,6	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	2,99	0,27	0,11	0,06	0,11
17	10/03/2018	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,12	0,1
18	11/03/2018	0,05	0,05	0,05	0,05	0,09	0,16	0,06	0,11	0,09	0,05	0,05	0,05
19	12/03/2018	0,06	0,06	0,11	0,09	0,06	0,05	0,05	1,51	1,9	1,36	0,06	0,95
20	13/03/2018	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,19	0,94	0,31	0,06	0,06
21	14/03/2018	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	1,65	2,86	0,66	0,29	0,12	0,15
22	15/03/2018	0,06	0,06	0,06	0,05	0,1	0,09	0,59	3,24	1,42	0,62	0,05	0,05
23	16/03/2018	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,23	0,99	0,19	0,07	0,12
24	17/03/2018	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,68	1,88	0,72	0,15
25	18/03/2018	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,48	1,36	0,11	0,08
26	19/03/2018	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,11	2,76	2,81	2,69	2,58	2,59
27	20/03/2018	0,05	0,05	0,05	0,12	0,1	0,06	0,52	1,85	0,96	0,1	0,05	1,54
28	21/03/2018	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,82	1,78	0,33	0,61	0,05	0,09
29	22/03/2018	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,22	0,76	0,17	0,05	0,05
30	23/03/2018	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	2,74	0,54	0,06	0,05	0,05
31	24/03/2018	0,07	0,07	0,06	0,05	0,12	0,09	0,06	0,18	0,08	0,11	1,93	1,14
32	25/03/2018	0,1	-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,22	0,06	0,9	0,24
33	26/03/2018	0,13	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,33	1,56	0,14	0,05	0,05
34	27/03/2018	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,11	1,04	0,14	0,05	0,05
35	28/03/2018	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-	-

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
Hora 13 (kWh)	Hora 14 (kWh)	Hora 15 (kWh)	Hora 16 (kWh)	Hora 17 (kWh)	Hora 18 (kWh)	Hora 19 (kWh)	Hora 20 (kWh)	Hora 21 (kWh)	Hora 22 (kWh)	Hora 23 (kWh)	Hora 24 (kWh)
0,07	0,05	0,81	2,86	0,47	2,23	0,98	0,7	1,25	2,67	2,14	0,28
1,04	3,29	0,41	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,96	3,79	3,83	0,8
0,06	0,09	2,33	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,75	0,07	0,06
0,05	1,18	3,62	2,7	1,44	0,05	1,23	2,13	0,72	0,2	2,64	1,04
1,07	1,81	0,78	0,05	0,08	0,05	0,05	0,05	3,44	3,27	4,15	0,68
0,05	0,05	4,44	3,86	3,42	2,65	1,23	0,08	0,67	1,97	2,16	1,23
3,83	0,28	0,05	0,09	0,19	0,07	0,05	0,05	0,7	0,76	1,75	0,07
0,06	0,08	1,05	0,1	0,14	0,18	0,08	0,34	0,82	2,87	0,59	0,06
0,09	0,48	0,56	0,19	0,17	1,26	0,18	0,19	0,4	0,82	0,05	0,05
0,09	0,07	0,13	0,17	0,17	0,17	1,8	2,94	2,82	2,65	0,1	0,06
2,61	0,05	1,83	1,53	0,17	0,06	0,09	0,06	0,6	0,22	2,18	2,71
1,12	0,42	1,78	2,87	0,48	0,06	0,06	0,05	0,12	0,2	0,95	0,38
0,06	0,05	0,4	0,78	1,52	1,89	0,07	0,05	0,97	2,61	0,82	0,08
0,2	2,78	1,28	0,06	0,13	2,31	1,53	0,05	0,17	3,68	2,92	0,63
0,06	0,12	0,14	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,11	2,6	2,31	0,06
0,06	0,06	0,06	0,07	0,23	0,13	0,06	0,13	0,08	0,06	0,05	0,05
0,05	0,23	0,55	0,08	1,16	2,24	0,05	0,05	0,05	0,25	0,2	0,15
2,45	1,62	0,7	0,18	0,11	0,06	0,09	0,57	1,88	3,11	3,53	0,98
2,41	1,19	0,2	0,12	0,12	0,05	0,05	0,08	0,14	0,32	0,27	0,18
0,07	0,06	0,48	0,31	0,14	0,06	0,05	0,05	0,13	0,21	0,19	0,08
0,05	0,05	0,05	0,09	0,14	0,11	0,11	0,56	2,41	0,23	0,19	0,07
0,12	0,07	0,05	0,22	0,23	0,13	0,05	0,11	0,13	0,99	2,58	0,32
0,15	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,12	0,05	0,05
0,08	0,1	0,37	0,18	0,29	1,02	2	0,18	0,18	0,22	0,12	0,06
1,76	0,15	1,09	0,43	0,11	0,05	0,06	0,07	0,09	0,31	0,84	0,05
0,97	2,25	4,3	1,84	0,19	0,08	0,09	0,84	2,11	2,31	1,46	0,1
0,09	2,18	3,92	1,17	0,76	0,93	0,07	0,17	0,2	0,21	1,02	0,19
0,15	1,65	0,5	0,06	0,12	0,11	0,07	0,05	0,77	2,56	1,85	0,06
0,05	0,05	0,31	0,24	0,13	0,12	0,07	0,08	0,12	0,19	0,21	0,88
0,14	0,93	0,47	0,19	0,18	2,53	3,41	1,53	1,21	1,2	2,3	0,12
0,11	0,1	0,23	1,84	1,62	0,17	0,22	0,22	0,19	0,2	0,58	0,08
0,05	0,1	0,11	1,15	1,36	1,77	0,74	0,05	0,11	0,22	0,19	0,14
0,06	0,11	0,3	0,16	0,16	0,06	0,06	0,06	0,11	0,15	0,18	0,06
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Il·lustració 21 Consum extret de l'àrea client d'Endesa


```
PS C:\Users\obermejo\Desktop\TFG> C:\Users\obermejo\Desktop\TFG\comparador2.ps1
System.Management.Automation.ComInterop.BindDispEvent
True
True
32
```

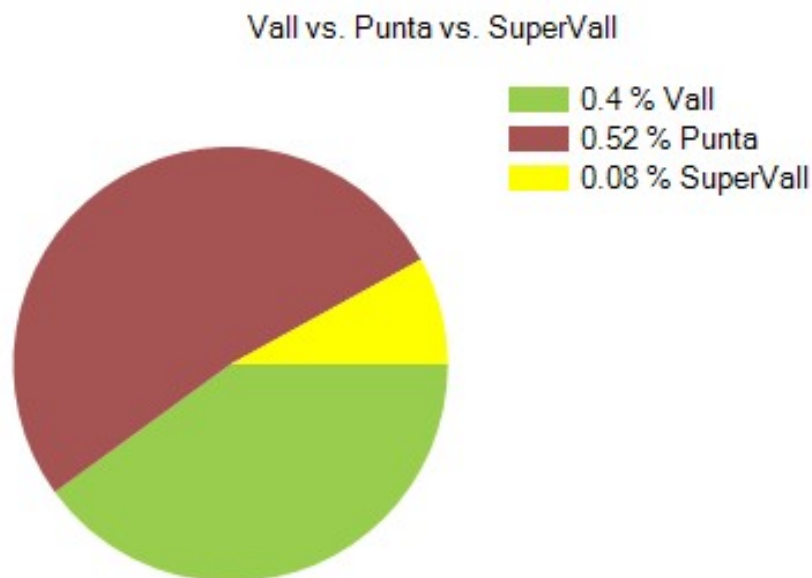
```
-----
ENDESA ONE LUZ 68.52 €
ENDESA LUZ NOCTURNA 63.87 €
ENDESA TEMPO SIEMPRE GANAS 73.44 €
ENDESA TEMPO HAPPY1 81.45 €
ENDESA TEMPO HAPPY2 78.51 €
ENDESA TEMPO NOCTURNA 68.29 €
ENDESA TEMPO VERDE 73.14 €
ENDESA TEMPO SOLAR 72.46 €
-----
```

```
HOLA LUZ SIN SORPRESAS 69.35 €
HOLALUZ 2 PRECIOS 67.39 €
-----
```

```
FACTOR ENERGIA TARIFA FIJA 71.7 €
-----
```

```
SOM ENERGIA SENSE DISRMINACIÓ HORARIA 72.68 €
SOM ENERGIA AMB DISCRIMINACIÓ HORARIA 65.33 €
```

Il·lustració 22 Output del programa



Il·lustració 13 Output del programa

9. CONCLUSIONS

Durant l'elaboració d'aquest treball s'ha anat passant per diferents etapes que han anat enriquint el projecte amb diferents matisos que no s'havien tingut en compte en un principi. L'objectiu principal del treball era el desenvolupament d'un programa informàtic que permetés comparar diferents tarifes elèctriques i que retornés la més barata segons un consum mensual. Tot i que aquest és l'últim apartat del treball va ser la idea que va fer nàixer aquest projecte i al voltant del qual han anat sorgint els demès. Durant l'elaboració d'aquest programa es va aprofundir tant sobre els tipus de tarifes que ofereixen les comercialitzadores com sobre la informació de la que disposem els usuaris sobre el nostre consum energètic. Una de les grans crítiques que arrastra des de sempre el sistema elèctric espanyol és la poca transparència, per això va resultar realment interessant veure fins a quin punt podíem conèixer sobre el que consumíem i el que pagàvem. Sí que és cert que sobre el consum tenim a la nostra disposició de molta informació, de fet el que es va utilitzar per desenvolupar el programa va ser un document excel·lent de l'àrea privada d'Endesa amb el consum de cada mes separat per cada hora, de manera que va facilitar molt l'estudi per trobar la tarifa més adient. En canvi, en quant al preu que paguem per l'energia, la informació de la que disposem no és igual d'àmplia, si que a grans trets veiem a que correspon cada part de la factura però és difícil trobar informació més detallada. Aquest fet acaba reafirmant la poca transparència que sempre se li ha atribuït al sistema elèctric, per exemple només amb la factura és impossible saber quina part del import total va destinat als diferents "peatges".

A mesura que avançava l'estudi de les diferents tarifes que ofereixen les comercialitzadores era cada cop més necessària una contextualització general dins del sistema elèctric, amb la qual cosa es va procedir a fer un estudi global sobre el seu funcionament i el paper que juguen cada una de les parts que en formen part. Dins d'aquest apartat hem vist la liberalització del sistema energètic, que anys enrere es trobava completament controlat per l'estat mentre que ara les activitats de producció i comercialització han estat liberalitzades mentre que el transport i la distribució segueixen estant sota la tutela de l'estat central, al considerar les infraestructures necessàries per dur a terme aquestes activitats un monopoli natural. També s'ha estudiat com funciona el procés de compra i venda d'energia, el qual es du a terme en l'anomenat 'pool' elèctric, on els bancs juguen un paper purament especulatiu afegint intermediaris a la cadena de subministrament d'energia, amb el conseqüent augment de preu que això comporta. La raó per la qual les entitats financeres tenen un paper tant important, a priori, dins del sistema elèctric és que ajuden a cassar la corba de l'oferta i la demanda, de tal manera que no quedi energia sense vendre ni demanda sense satisfer.

Seguint aquesta línia era impossible no comentar la forma que tindrà el sistema elèctric del futur ja que ens trobem en un moment de canvi impulsat per les energies renovables i el vehicle elèctric. Tal i com està muntat el sistema actual es fa impossible pensar en una adopció tant de les energies renovables i del vehicle elèctric. Actualment, la corba de oferta

i demanda d'energia sempre van a la par, si s'estima que la demanda serà alta doncs es produeix la suficient energia fins a abastir-la tota. Amb les energies renovables això canvia, ja que no podem controlar quan el vent bufarà fort o el sol brillarà amb intensitat. És a dir, no podem fer coincidir la corba l'oferta d'energia amb la demanda. Si a això li afegim l'adopció del vehicle elèctric, gran part de la demanda d'energia que fins ara es satisfia amb petroli passarà a fer-ho amb energia elèctrica. Si davant el problema de fer coincidir la oferta d'energia amb la demanda afegim aquest gran augment de la demanda, el sistema elèctric del futur no té una altra opció que canviar la manera amb la que funciona per seguir aquest camí cap a la sostenibilitat energètica. En aquest apartat enlloc d'entrar en detall sobre el vehicle elèctric i les energies renovables s'ha abordat com el sistema elèctric del futur adoptarà aquestes dues noves tecnologies. El sistema ha de seguir diferents tendències que s'han d'alimentar la una de l'altra per tal d'aconseguir un sistema més sostenible, flexible i inclou tant per les noves tecnologies com per l'usuari final.

El sistema elèctric de qualsevol país ofereix una sèrie de serveis imprescindibles per als seus ciutadans i és una eina molt forta per tal d'atreure inversions, per exemple, a les zones rurals de China on l'electricitat és molt barata s'han instal·lat unes "granges" que es troben plenes de màquines per minar bitcoins (activitat que requereix de molta energia), s'estima que el 30% de la producció d'aquesta criptomònada prové d'allà. També, per garantir un bon funcionament es requereixen de grans inversions en infraestructures al llarg de tot el país. Donada la delicadesa del sector i les barreres d'entrada que existeixen l'estat hauria de jugar el paper de garantia final per a que el sistema sigui fiable, segur i just, deixant així l'explotació del sector i de totes les seves activitats a empreses privades que competeixin, i els estàndards de preus i qualitat dels serveis els dictaminin el lliure mercat i la lliure competència. Potser el sistema elèctric del futur comportarà una liberalització on no només trobarem empreses privades sinó també a consumidors finals amb un rol important dins del sistema.

10. BIBLIOGRAFIA

JUAN RAMON RALLO. El mito del libre mercado [<http://juanramonrallo.com/2014/01/el-mito-del-libre-mercado-electrico/index.html>]

EXPANSION. Cada usuario de luz tiene que pagar mil euros por deudas del pasado [<http://www.expansion.com/empresas/energia/2017/04/05/58e48338e5fdeae348b461c.html>]

BANC DE ESPAÑA. La industria eléctrica en España [<https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesSeriadas/EstudiosHistoriaEconomica/Fic/roja50.pdf>]

CORRIENTE ELECTRICA. La recarga del coche electrico no será un problema para la red eléctrica del futuro [<https://corrienteelectronica.renault.es/la-recarga-del-coche-electrico-no-sera-un-problema-para-la-red-electrica-en-el-futuro/>]

VIX. Redes Inteligentes: el futuro del sistema eléctrico [<https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/4506/redes-inteligentes-el-futuro-del-sistema-electrico>]

WORLD ECONOMIC FORUM. The future of electricity [http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Electricity_2017.pdf]

WORLD ECONOMIC FORUM. Electric vehicles for smarter cities [http://www3.weforum.org/docs/WEF_2018_%20Electric_For_Smarter_Cities.pdf]

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA. Informe sistema eléctrico España 2017 [http://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/avance_informe_sistema_electrico_2017_v3.pdf]

FUTURED. 8 CIFRAS CLAVE DE LAS REDES ELÉCTRICAS EN ESPAÑA [<http://www.futured.es/las-redes-electricas-espana/>]

ENERGÍAS RENOVABLES. España genera hoy menos electricidad que hace diez años [<https://www.energias-renovables.com/panorama/espana-genera-hoy-menos-electricidad-que-hace-20171221> Comentari estudi energètic espanya 2017]

DIARIO RENOVABLES. Generación eléctrica en España 2017 [<https://www.diariorenovables.com/2018/01/generacion-electrica-espana-2017-bajan.html>]

APPA. Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables [http://www.appa.es/descargas/2017/Estudio_APPA_2016.pdf]

RTVE. Cooperativas eléctricas: cuando el fin no es vender kilovatios hora sino impulsar un nuevo modelo energético [<http://www.rtve.es/noticias/20170208/cooperativas->

electricas-cuando-fin-no-vender-kilovatios-hora-sino-impulsar-nuevo-modelo-energetico/1486567.shtml]

WIKIPEDIA. Cooperativa de energías renovables

[https://es.wikipedia.org/wiki/Cooperativa_de_energ%C3%ADas_renovables]

EL PAÍS. El Gobierno decreta un parón en las renovables para taponar el déficit

[https://elpais.com/diario/2012/01/28/economia/1327705210_850215.html]

CNMC. Comisión de la energía [<https://www.cnmc.es/enlaces-de-interes/energia>]

EL BLOG DE LA ENERGÍA [www.elblogenergia.com]

OMIE [www.omie.es]

FUNDACIÓN PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA. Influencia de las renovables en el precio de la electricidad [www.f2e.es/es/influencia-de-las-renovables-en-el-precio-de-la-electricidad ILUSTRACIO 5]

HELIO NOTICIAS. [<http://helionoticias.es/productores-de-energia-solar-dicen-que-las-electricas-se-llevan-el-55-de-los-ingresos-del-recibo-de-la-luz/>]

WIKIPEDIA. PowerShell [https://ca.wikipedia.org/wiki/Windows_PowerShell]